ÖKOLOGISCHE ANATOMIE

DER HOLZPFLANZEN

DER SÜDAFRIKANISCHEN IMMERGRÜNEN BUSCHREGION.

HABILITATIONSSCHRIFT,

DER PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER GROSSHERZOGLICH HESSISCHEN

LUDEWIGS-UNIVERSITÄT ZU GIESSEN

ZUR ERLANGUNG

DER VENIA LEGENDI

VORGELEGT

VON

Dr. **EMIL KNOBLAUCH.**

TÜBINGEN, 1896.
DRUCK VON H. LAUPP JR.

ÖKOLOGISCHE ANATOMIE

DER HOLZPFLANZEN

DER SÜDAFRIKANISCHEN IMMERGRÜNEN BUSCHREGION.

HABILITATIONSSCHRIFT,

DER PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER GROSSHERZOGLICH HESSISCHEN

LUDEWIGS-UNIVERSITÄT ZU GIESSEN

ZUR ERLANGUNG

DER VENIA LEGENDI

VORGELEGT

VON

DR. **EMIL KNOBLAUCH.**

TÜBINGEN, 1896.

DRUCK VON H. LAUPP JR.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41538110_0088

SEINEM LIEBEN VATER

IN DANKBARKEIT

GEWIDMET

VOM VERFASSER.

Die südafrikanische immergrüne Buschregion[1]), der durch Winterregen und trockne Sommer ausgezeichnete südwestliche Teil des Kaplandes, besitzt eine eigentümliche Vegetation, die mit der von wenigen anderen Gegenden verglichen werden kann. Besonders bemerkenswert ist, dass Holzgewächse, nämlich Zwergsträucher (fruticuli)[2]), durch die Artenmenge und die Zahl der Individuen vorherrschen und dass Bäume fast ganz fehlen. Die vorliegende Arbeit ist eine Vorarbeit zu einer Untersuchung der ökologischen Lebensformen (Vegetationsformen)[3]) der genannten Region. Ich behandle hier zunächst nur die Holzgewächse, und zwar besonders ihre Anatomie des Blattes und ihre Tracht, weil die Holzpflanzen wegen ihrer langen Dauer die Wirkung der Aussenwelt auf die Vegetation, insbesondere Anpassungen dieser an die Trockenheit des Gebietes, am deutlichsten zeigen werden und weil die Blätter den Einfluss der äusseren Verhältnisse von allen vegetativen Organen am klarsten erkennen lassen.

Schon Grisebach[4]) hat einen Zusammenhang zwischen den Lebensbedingungen der kapischen Holzpflanzen und deren Vegetationsformen festgestellt. Er weist auf die »Schwäche des Wachstums der Holzgewächse« auf dem dürftigen Boden hin und hebt hervor, dass den Sträuchern die Zeichen energischen Wachstums

---

1) Drude. Handbuch der Pflanzengeographie. Stuttg. 1890, p. 472 u. 474.

2) Warming. Lagoa Santa. (Danske Vid. Selsk. Skr. 6. Räkke, VI, 1892, p. 213. Der Arbeit ist ein ausführlicher französischer Auszug beigegeben). — Warming. Plantesamfund. Grundträk af den ökologiske Plantegeografi. Kjöbenhavn (Philipsen) 1895, p. 100. — Warming. Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. Eine Einführung in die Kenntnis der Pflanzenvereine. Deutsche, vom Verf. genehmigte, durchgesehene und vermehrte Ausgabe von Emil Knoblauch. Berlin (Gebr. Borntraeger) 1896, p. 118 (wird etwa Anfang Mai 1896 erscheinen).

3) Warming, Plantesamfund, p. 3; deutsche Ausg. p. 3.

4) Grisebach. Vegetation der Erde. 2. Band, 1872, p. 186). — 2. Aufl. 2. Band, 1884, p. 176.

fehlen[5]) und dass demgemäss die meisten Sträucher der Kapflora zu der Erikenform und der Proteaceenform gehören, dass aber noch manche anderen, »durch ihr Gewebe und ihren Umriss charakteristischen Arten der Belaubung« vorkommen, z. B. die Myrtenform, ferner in den Gattungen *Cliffortia*, *Rhus* etc.

Ich habe die Lebensformen der kapischen Zwergsträucher von neuem untersucht und nicht nur deren morphologische, sondern auch deren anatomische Kennzeichen berücksichtigt. Will man die Vegetation eines Gebietes allseitig verstehen, so ist die Kenntnis ihres anatomischen ökologischen Charakters durchaus notwendig. Die Angaben von Grisebach kann ich insofern bestätigen, als auch ich nur wenige, nämlich nur 5 Vegetationsformen für die Holzpflanzen des behandelten Gebietes aufstellen kann, obwohl diese den verschiedensten Familien angehören und in grosser Artenzahl auftreten. Diese 5 Vegetationsformen sind durch ihre Blattformen gekennzeichnet. Die Holzpflanzen haben entweder Blätter der erikoiden Blattform, oder solche der pinoiden Blattform, oder solche der Rollblattform, oder solche der flachen Blattform mit verschiedener Anpassung an Trockenheit, oder reducierte, an Rutensprossen stehende Blätter (Spartiumform Grisebachs). Ob man diese 5 Formen als Vegetationsformen oder als Unterformen solcher auffassen will, ist minder wichtig; man bezeichnet sie wohl am besten als Unterformen in der Vegetationsform der immergrünen Sträucher. Die Holzpflanzen mit den erikoiden Blättern und die mit den pinoiden Blättern entsprechen zusammen ungefähr der Erikenform Grisebachs, die Reiter[6]) ungeteilt beibehielt, indem er auf ihre ökologische Anatomie nicht einging. Die geringe Zahl der Lebensformen der kapischen Zwergsträucher, die Thatsache, dass dieselbe Lebensform in den verschiedensten Familien auftritt, der Umstand, dass morphologische und anatomische Verhältnisse, die man als Anpassungen an Trockenheit erkannt hat[7]), ebenfalls — wie aus der vorliegenden Arbeit her-

5) Grisebach l. c.: »Es herrschen in der Landschaft die kalten, bläulichen und fahlen Färbungen, weil entweder die Blattflächen zu klein sind, um die braunen Zweige zu verdecken, oder das Grün des Glanzes entbehrt und oft von anliegender Behaarung umschleiert wird.«

6) Reiter. Die Konsolidation der Physiognomik. Graz 1885, p. 218.

7) Vgl. Warming. Plantesamfund, p. 151 ff.; deutsche Ausg. p. 177 ff. In diesem Werke wird auf den Gegenstand und auf dessen ausgedehnte Litteratur näher eingegangen.

vorgeht — in Familien vorkommen, welche man keineswegs als nahe verwandt ansehen darf, dieses alles zeigt den starken Einfluss der äusseren Verhältnisse auf die Zwergsträucher der Kapflora deutlich. Der Einfluss des Klimas auf die Kapflora im ganzen spricht sich darin aus, dass die klimatischen Provinzen des Kaplandes[8]) fast genau mit den pflanzengeographischen Regionen[9]) zusammenfallen.

Zu den im speciellen Teile dieser Arbeit erwähnten Arten sei noch bemerkt, dass ich eine grössere Zahl von Arten untersucht, hier aber noch nicht genannt habe.

Darüber, wie die äusseren Verhältnisse im einzelnen auf die kapischen Holzpflanzen eingewirkt haben und noch wirken, kann ich keine bestimmte Hypothese aufstellen. Ich bin der Meinung, dass gewisse morphologische und anatomische Eigenschaften der kapischen Vegetation fortdauernd durch äussere Umstände erzeugt werden, dass andere Eigenschaften jedoch, die im Laufe der phylogenetischen Entwicklung der Pflanzen irgendwie aufgetreten sind, durch Vererbung erhalten wurden, weil sie zu den Lebensbedingungen passten.

Ich untersuchte nur Holzpflanzen aus dem Gebiete der südafrikanischen immergrünen Buschregion und zwar aus Drèges Bezirken III A e, III A d, III D und III E[10]). Das Material des Tübinger Herbars wurde mir von Herrn Professor Dr. Vöchting für meine Arbeit zur Verfügung gestellt; ich sage meinem hochverehrten Chef dafür und für sein dieser Untersuchung zugewandtes Interesse meinen herzlichen Dank.

---

8) Dove, K. Das Klima des aussertrop. Südafrika. Göttinger Diss. Göttingen 1888, p. 27 ff.

9) Bolus, H. Distribution of South African Plants. (Cape Argus vom 5. Nov. 1878; Gard. Chron. 1879, XI. p. 41). — Rehmann, A. Geobotan. Verhältnisse von Südafr. (Polnisch in Denkschr. Ak. Wiss. Krakau, math.-naturh. Abt. Bd. V, 1879; deutscher Auszug im Bot. Centralbl. III, 1880, p. 1119 ff.; vgl. auch Bot. J. 1879, 2, 480 ff.). — Bolus, H. Sketch of the Flora of South Africa. (Im Official Handbook des Cape of Good Hope, Cape Town 1886). Grundzüge der Flora von Südafr. Deutsche Ausgabe der vorigen Schrift, von O. Kersten. — Drude. Handbuch, p. 471 ff.

10) Meyer, E. Commentar. de pl. Afr. austr. Vol. I, fasc. I, p. XIX ff. 1835. — Die pflanzengeogr. Einleitung dieses Werkes ist in Berghaus, Almanach für das Jahr 1840 (Gotha 1839), p. 125 ff. übersetzt. — Über die Abgrenzung von Drèges Bezirken vgl. auch Drège, Zwei pflanzengeogr. Dokumente, nebst einer Einleitung von E. Meyer (Flora 1843, II, Beigabe) und die dieser Abhandlung beigegebene Karte.

I. Holzpflanzen mit erikoiden Blättern oder Blättchen.

Zur erikoiden[11]) Blattform rechne ich solche Blätter oder Blättchen, die einen rundlichen bis länglichen Querschnitt und ferner auf einer Blattseite 1—2 Furchen haben, in denen die Spaltöffnungen ganz oder fast ausschliesslich vorkommen. Bei der Blattoberfläche nenne ich den Teil, der von den 1—2 Furchen eingenommen wird, Furchenseite, den übrigen Teil Aussenseite; Furchenseite und Aussenseite stossen an dem scheinbaren Blattrande zusammen. Die Furchenseite liegt gewöhnlich auf der morphologischen Blattunterseite, ist jedoch in der Regel nicht mit ihr identisch. Für *Erica*-Arten haben die entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen von Gruber[12]) und Ljungström[13]) festgestellt, dass die Furche ähnlich wie bei *Empetrum nigrum* durch Bildung eines Hohlraumes auf der Blattunterseite entsteht: der mittlere Teil der Blattanlage bleibt auf dem Rücken in dem Wachstum des Gewebes hinter dem übrigen Blattteile zurück, so dass der an die Furchenseite grenzende Teil der Aussenseite noch zur morphologischen Blattunterseite zu rechnen ist. In manchen Fällen sind die morphologischen Blattränder noch beim fertigen Blatte deutlich erkennbar: es sind die 2 seitlichen Ecken des Querschnittes[14]). Wenn man z. B. bei *Erica* von »marginibus revolutis« d. h. »zurückgerollten Blatträndern« (vgl. z. B. DC. Prodr. VII 613) spricht, so ist dieses, streng genommen, unrichtig; man müsste von gefurchten oder eingebuchteten Blattunterseiten sprechen.

Zur erikoiden Blattform gehören gewiss die Blätter der mei-

11) Die Ausdrücke erikoid und pinoid rühren von Vesque her; wo sie von ihm zuerst veröffentlicht wurden, habe ich bisher nicht feststellen können. Vgl. seine Arbeit in Feuille des jeunes naturalistes, XX, p. 14 et 15 (1889). In Ann. sc. nat. 6. sér., t. XIII, p. 32 (1882) spricht er nur beiläufig von einem »aspect éricoide« der Pflanzen. Die pinoiden Blattformen werden von mir später behandelt.

12) Gruber, Gust. Anatomie und Entwicklung des Blattes von *Empetrum nigrum* und ähnlicher Blattformen einiger Ericaceen. Königsberger Diss. Königsberg 1882, p. 32.

13) Ljungström, E. Bladets bygnad inom familjen Ericineae. (Lunds Univ. Årsskr. XIX. 1883, p. 5 ff.).

14) Vgl. Ljungström, Taf. I f. 5, 9, 19—22; in f. 24 zeigt die abgebildete Ecke etwa einen rechten Winkel, in f. 12—14 sind die Ecken abgerundet.

sten Holzpflanzenarten des Gebietes. Obwohl ich die schon von Ljungström bearbeitete Gattung *Erica*, wovon etwa 400 Arten im Gebiete vorkommen, nicht untersuchte, erhielt ich doch etwa gleich viel erikoide Blätter wie pinoide, welche die zweithäufigste Blattform des Gebietes bilden. Die erikoide Blattform kommt fast nur bei einfachen Blättern vor; von den untersuchten Arten haben nur *Cliffortia falcata* L. und *Rhus rosmarinifolia* Vahl 3zählige Blätter, deren Blättchen erikoid sind.

Die 10 untersuchten **Ericaceen.** Die 1—2 Furchen liegen auf der Blattunterseite. Die Verzweigung ist überall dicht. Die Sträucher sind immergrün, wie überhaupt fast alle Holzpflanzen des Gebietes. Die Blätter sind einander dicht oder ziemlich dicht genähert, seltener ziemlich wenig (*Blaeria* sp.) oder wenig genähert (*Eremia Bartlingiana* Kl., *Salaxis artemisioides* Kl.) und bilden mit den Zweigen meist kleine Winkel, meist 5—30° oder 30—50°, seltener 40—90° (*Eremia Bartlingiana*) oder etwa 90° (*E. recurvata* Kl.). Bei den Arten mit kleinen Winkeln, also mit Blättern, die an den Zweigen aufwärts gerichtet sind, wird ein grosser Teil des Lichtes die Furchenseite, soweit sie überhaupt offen und dem Lichte zugänglich ist, und die ihr benachbarten Teile der Aussenseite treffen, ein anderer grosser Teil jedoch auf die Blattoberseiten fallen, zumal die Zweige stets dünn sind und das Licht nur teilweise aufhalten. Die Blattgrösse ist durchweg sehr gering; die Länge schwankt zwischen 1,2 und 4,5 mm, die Breite zwischen 0,5 und 1 mm. Die Blätter sind meist linealisch, seltener länglich, fast länglich oder fast rundlich, stehen auf einem sehr kurzen, 0,5—0,6 mm langen Stiele, sind ziemlich steif, ferner matt (selten schwach glänzend) und bräunlichgrün. Die Behaarung ist nach den Arten verschieden; im ganzen sind die Zweige kurz und dicht behaart, und die Blätter auf der Aussenseite wenig behaart oder kahl. Reichliche, lange Haare finden sich bei *Blaeria* sp. und *Grisebachia hispida* Kl.

Die Blätter sind im Chlorophyllgewebe stets dorsiventral gebaut[15]). Von einem Übergange von dem dorsiventralen Bau zu

15) Wenn Ljungström l. c. p. 26 und im Bot. Jahresber. 1883, 1, p. 199 bei dem 3. Typus der Ericaceen-Blätter von einer centrischen Anordnung der Gewebe redet, so entspricht dieses nicht dem gewöhnlichen Sinne des Ausdruckes centrisch und soll darauf hinweisen, dass ein grosser Teil des rundlichen bis länglichen Blattquerschnittes von der Aussenseite eingenommen

dem centrischen könnte man jedoch bei solchen erikoiden *Erica*-Blättern sprechen, die unterseits 2 Furchen und zwischen diesen — nicht nur auf der Aussenseite — Palissadengewebe besitzen; dieser Fall lag mir nicht vor; er findet sich nach Ljungström [16]) bei *Erica strigosa*. Ich beobachtete 2 Furchen bei *Scyphogyne inconspicua* Brongn., aber kein Palissadengewebe zwischen ihnen.

Einen eigentümlichen Blattbau hat nach Ljungström [17]) *Erica dianthifolia*. Hier zeigt die Blattoberseite kein typisches Palissadengewebe; solches findet sich nur auf dem zu der Blattoberseite gehörigen Teile der Aussenseite. Die Chlorophyllzellen der Blattoberseite sind flach und tafelförmig.

Zu seinem dritten Typus stellt Ljungström die meisten kapischen *Erica*-Arten, z. B. *Erica blanda*, *E. ignescens* etc., ferner *Blaeria purpurea*, *B. ericoides*, *Philippia Chamissonis*, *Macnabia montana*, *Sympieza capitellata*. Als anatomische Merkmale dieses Typus führt er folgende an [18]). Das Blatt hat unterseits nur 1 Furche, und diese einen spaltenförmigen, engen, oder einen mehr oder weniger weiten Eingang. Das Palissadengewebe ist auf der ganzen Aussenseite ganz oder fast gleichmässig ausgebildet; die Palissadenzellen sind meist ziemlich lang und bilden ein 1-schichtiges, selten auf der Blattoberseite 2-schichtiges Gewebe. Das Schwammparenchym hat meist recht grosse Intercellularen. Die Epidermiszellen der Aussenseite sind sehr gross und hoch und haben bei vielen Arten gallertartig quellende Innenwände.

Die von mir untersuchten Ericaceen gehören zu diesem gewöhnlichen Typus; *Scyphogyne inconspicua* jedoch hat, wie vorhin erwähnt 2 Furchen. Ein sehr hohes, einschichtiges, stellenweise 2-schichtiges Palissadengewebe mit ziemlich grossen Intercellularen beobachtete ich bei *Blaeria ericoides* L. Im übrigen kann ich die von Ljungström angegebenen Merkmale dieses Typus bestätigen. Verschleimte, durch Aufnahme von Wasser mehr oder weniger stark quellende Innenwände sah ich bei *Philippia Leeana* Kl., *Blaeria*

---

wird und dass diese bis in die Nähe der Furchenseite in dem Palissadengewebe und in der Epidermis gleichförmig gebaut ist.

16) Ljungström l. c. p. 24.

17) Ljungström l. c. p. 41/42, Taf. II f. 22.

18) Ljungström l. c. p. 4 u. 26, Taf. I u. II, f. 9—21; im Bot. Jahresber. 1883, 1, p. 199.

cricoides, einer anderen B.-Art, *Simocheilus bicolor* Benth., *Salaxis artemisioides*. Die Epidermis-Aussenwände sind fast stets dick; z. B. zeigte *Grisebachia velleriflora* Kl. auf der Blattoberseite eine etwa 5,5 μ dicke Aussenwand, überdies auf den übrigen (seitlichen) Teilen der Aussenseite eine (bei anderen Arten gewöhnlich nicht vorkommende) auffällige grössere Dicke, nämlich etwa 11,1 μ. Die Epidermis-Aussenwände der Furchenseite sind stets dünn, z. B. bei *G. vell.* etwa 2,9 μ dick. Bildet das mittlere Gefässbündel auf der Blattunterseite eine Hervorwölbung, so weisen deren Epidermiszellen, entsprechend ihrer weniger geschützten Lage, eine mittlere Dicke der Aussenwand auf. Die Furche ist mehr oder weniger behaart; die Haare sind ziemlich kurz und haben oft eine geringe oder eine mittlere Wanddicke. Bisweilen versperren Haare den Eingang zur Furche, z. B. bei *Blaeria ericoides*. Bei *Eremia Bartlingiana* sitzen lange, mehrzellige Haare in der Nähe des Furcheneinganges, während kürzere einzellige Haare die Furche bekleiden und hier in den beiden seitlichen Buchten am zahlreichsten und längsten sind. Die Spaltöffnungen überragen stets etwas das Niveau der Epidermis-Oberfläche, was gewiss mit dem durch die Furche und deren Behaarung erschwerten Luftzutritte zusammenhängt. Die Gefässbündel sind meist schwach entwickelt; die zu beiden Seiten des mittleren Bündels liegenden 1—4 Bündel sind stets rudimentär. Brauner Inhalt, der in mehreren Fällen durch Reaktionen als Gerbstoff erkannt wurde, ist im Palissadengewebe, im Schwammparenchym und in den Gefässbündelscheiden [19]) gewöhnlich enthalten. Nicht selten tritt brauner Inhalt auch in einzelnen Epidermiszellen auf, besonders in denen der Aussenseite. Bei *Eremia recurvata* führen nicht nur die Assimilationszellen, sondern auch die Epidermen beider Blattseiten und selbst ein Teil der Haare der Furchenseite dunkelbraunen Inhalt. Im Schwammparenchym liegen bisweilen Zellen je mit einer Krystalldruse. Ein Gewirr von kurzen Krystallen fand sich in den Epidermiszellen der Blattoberseite selten.

19) Als Gefässbündelscheide bezeichne ich in dieser Arbeit solche Parenchymzellen, welche die Gefässbündel in einer Schicht ganz oder teilweise umgeben, und will durch diesen Ausdruck noch nichts über die Funktion (gewöhnlich liegt wohl Leitparenchym vor) und über die Entstehung (aus dem Centralcylinder eines ins Blatt eintretenden Gefässbündels, oder aus dem Mesophyll) aussagen.

Die 3 untersuchten **Verbenaceen.** Es ist eine Furche, nämlich auf der Blattunterseite vorhanden. Die Zweige stehen ziemlich dicht. Die Blätter sind einander ziemlich dicht genähert, die jüngeren aufwärts gerichtet, so dass ihre Aussenseite dem Zweige zugekehrt ist; die älteren Blätter können bei *Campylostachys cernua* Kth. und *Stilbe vestita* Berg. fast unter 90° vom Zweige abstehen, während sie bei *C. abbreviata* E. Mey. nur etwa Winkel von 20° mit dem Zweige bilden. Die Blätter sind linealisch, etwa 11—15 mm lang und 1,5—2 mm breit, matt, auf der Aussenseite kahl und grün, auf der Furchenseite heller. Bei *St. vestita* sind die Blätter stark gekrümmt und oberseits konkav, so dass Blattgrund und Blattspitze einander genähert sind und die Einwirkung des Lichtes auf die Blattoberseite geringer wird. Die Zweige haben keine auffällige Behaarung; die Blätter sind nur auf der Furchenseite behaart. — Palissadengewebe liegt auf der ganzen Aussenseite; das lockere Schwammparenchym und die Spaltöffnungen kommen nur auf der Furchenseite vor. Der Eingang zur Furche ist ein schmaler Spalt. Wie weit die Aussenseite und die Furchenseite morphologisch zur Oberseite und Unterseite gehören, ist bei diesen und den später zu behandelnden Arten mit erikoiden Blättern noch entwicklungsgeschichtlich festzustellen. Das Palissadengewebe ist 1-schichtig und ziemlich hoch. Dem Chlorophyllgewebe sind selten Steinzellen eingebettet. Die Epidermiszellen der Aussenseite sind gross und hoch, im Querschnitte etwa quadratisch, die der Furchenseite sind niedrig und erscheinen im Querschnitte häufig als liegende Rechtecke [20]). Die Epidermis-Aussenwände der Aussenseite sind sehr dick, etwa 13—18,8 μ dick. Auch die Epidermis-Innenwände der Aussenseite können dick sein und messen z. B. bei *Campylostachys cernua* 6,6—13 μ. Verschleimte Innenwände fehlen. Die Epidermis-Aussenwände der Furchenseite sind dünn, z. B. bei *C. c.* nur 1,8 μ dick. Auf den Erhöhungen der Furchenseite, die der Mittelnerv hervorbringt, haben die Epidermiszellen eine mittlere Grösse und eine Aussenwand von mittlerer Dicke. Bei *C. c.* und *C. a.* sitzen in den Epidermiszellen der Aussenseite an allen Wänden Krystallmassen

20) Der Ausdruck liegende Rechtecke soll bezeichnen, dass die Epidermiszellen als liegende Rechtecke erscheinen, deren längere Seiten zur Epidermis-Oberfläche parallel verlaufen; stehende Rechtecke hingegen nenne ich solche, deren längere Seiten senkrecht zu dieser stehen.

von 11,1—15,5 μ Durchmesser; ungefähr kugelige Massen haben selbst 24—37 μ Durchmesser; diese Krystallmassen sind Sphärokrystalle, bestehen aus radial angeordneten Krystallnadeln, zeigen dunkle und helle concentrische Zonen und in polarisiertem Lichte ein dunkles Kreuz auf hellem Grunde. Im Chlorophyllgewebe liegen zahlreiche, kurze, dünne Krystallnadeln, bei *C. a.* auch Einzelkrystalle etwa von quadratischem Umriss. Ferner beobachtete ich bei *C. c.* auch in den Fusszellen der zweizelligen Haare und in dem erweiterten Grunde der einzelligen Haare Sphärokrystalle. *Stilbe vestita* zeigte in den Epidermiszellen nur wenige Sphärokrystalle. Die Furchenseite ist nach den Arten verschieden behaart. Es können bei demselben Blatte dreierlei Haare vorkommen: 1. einzellige, kegelförmige Haare, deren Wand ringsum dick ist, 2. zweizellige Haare; die Fusszelle überragt die anderen Epidermiszellen und ist dünnwandiger als die kegelförmige, längere, ziemlich dickwandige Endzelle; 3. niedrige, dünnwandige Kopfhaare mit zweizelligem Stiele; der Kopf hat etwa 4 Zellen, deren Wände zu der Oberfläche der Epidermis senkrecht stehen [21]). Bei *C. a.* sind die Kopfhaare selten. Bei *Stilbe vestita* sind die Haare dreizellige Wollhaare; auf zwei niedrigen Fusszellen sitzt eine gekrümmte, lange Endzelle; die obere Fusszelle und die Endzelle sind ziemlich dickwandig (etwa 3,9—4,4 μ dick), während die untere Fusszelle gewöhnlich 2,2 bis 3,3 μ dicke Wände hat. Die Spaltöffnungen sind etwa um 11 μ über das Niveau der Epidermis-Oberfläche gehoben, haben einen kleinen, etwas verengerten Vorhof, keinen Hinterhof und eine deutliche Atemhöhle. Die Gefässbündel sind schmal entwickelt; der Bast [22]) ist in ihnen der vorwiegende Teil. Dunkelbrauner Inhalt findet sich bisweilen in der Epidermis der Aussenseite.

Die Blätter der 3 untersuchten **Rubiaceen** unterscheiden sich von den anderen erikoiden Blättern durch ein gleichförmiges Chlorophyllgewebe. Die Furchenseite ist die Blattunterseite und trägt eine Furche. *Anthospermum ciliare* L. weicht von den beiden anderen Rubiaceen durch niederliegende, locker stehende Zweige ab;

---

21) Vesque (in Ann. sc. nat. Bot. 7. sér. I p. 335, 1885) und Briquet (in Engler und Prantl, Pflanzenfam. IV, 3a, p. 135, 1895) sprechen von einem »vertikal« geteilten Kopfe.

22) Das Wort Bast gebrauche ich in dem Sinne von Hartbast und nicht in dem von Phloem.

die Blätter stehen hier in Büscheln beisammen, die Furchenseite ist nach aussen und unten gewandt; die Aussenseite wird vom Lichte unter spitzen Winkeln getroffen. — Die Blätter aller drei Arten sind mehr oder weniger abstehend (bilden mit den Zweigen Winkel, die etwa 90° erreichen; bei *A. Aethiopicum* L. liegen die Blätter mancher Exemplare den Zweigen dicht an), erhalten das Licht meist unter spitzen Winkeln und überdies wegen der dichten Stellung der Zweige geschwächt. Die Blätter sind linealisch, etwa 6—7,5 mm lang und 0,9—1 mm breit, ringsum matt, grün und kahl (bei *A. ciliare* bisweilen spärlich behaart). — Das Chlorophyllgewebe der untersuchten Rubiaceen-Blätter ist gleichmässig und locker. Die Epidermiszellen der Aussenseite sind sehr gross, etwa quadratisch und 60—77 μ hoch, auf der Furchenseite ungleich hoch, auf den hervorragenden Teilen nämlich von mittlerer Höhe, auf den mehr verborgen liegenden Teilen niedrig. Die Epidermis-Aussenwände sind auf der Aussenseite dick (etwa 11,1 μ), auf der Furchenseite dünn (2,6—6,6 μ). Die Spaltöffnungen liegen nur in der Furche, sind über das Niveau der Epidermis-Oberfläche nicht gehoben und haben einen Vorhof und einen Hinterhof, die sehr klein und etwas verengert sind. Die Gefässbündel sind schwach ausgebildet, besitzen weder Bast noch Libriform und können mit der Epidermis der Furchenseite durch 2-schichtiges Kollenchym verbunden sein (*A. ciliare* und *Aethiopicum*; bei *Ambraria hirta* Cruse sind sie in das Chlorophyllgewebe eingebettet). Bei *A. Aethiopicum* war eine Gefässbündelscheide deutlich erkennbar (Durchmesser der Zellen etwa 29 μ). Neben dem mittleren Bündel liegen in jeder Blatthälfte 3—5 rudimentäre Bündel. Dunkelbrauner Inhalt findet sich in vielen Epidermiszellen beider Blattseiten, auf der Furchenseite besonders auf den Hervorragungen, ferner in einzelnen Kollenchym- und Mesophyllzellen, tritt also im Gegensatze zu dem Verhältnis bei den Ericaceen namentlich in dem Hautgewebe und weniger in dem Chlorophyllgewebe auf. Im Schwammparenchym können Zellen mit Raphiden vorkommen (*Anthospermum*), in der Nähe des mittleren Gefässbündels Zellen mit Krystallsand liegen (sehr kurze Nadeln, die der Entstehung nach vielleicht auch Raphiden sind; *Ambraria*).

Die **übrigen** untersuchten Holzpflanzen mit erikoiden Blättern sind 2 Rhamnaceen (*Phylica Thunbergiana* E. Mey., *Ph. stipularis* L.),

2 Thymelaeaceen (*Passerina ericoides* L., *P. filiformis* L.), 1 Rosacee (*Cliffortia falcata* L.) und 1 Anacardiacee (*Rhus rosmarinifolia* Vahl); die beiden letzten haben 3zählige Blätter mit erikoiden Blättchen. Die Arten sind immergrün; bei *Ph. stipularis* könnte man wegen der Blattfarbe richtiger von immer braun, bei *Ph. Thunb.* wegen der Behaarung der Blätter vielmehr von immer grau sprechen. Die 1—2 Furchen mit den Spaltöffnungen liegen auf der morphologischen Blattunterseite, aber bei den beiden Thymelaeaceen auf der Oberseite. Bei diesen beiden Arten liegt das Palissadengewebe auf der Unterseite; die Furchenränder berühren einander, ausgenommen am Blattgrunde; die Blätter sind den Zweigen dicht angedrückt und sehr klein, 2,5—4,5 mm lang und 0,5—0,6 mm breit. Eine auffällige Tracht hat *Rhus rosmarinifolia*, deren erikoide Blättchen ausserordentlich lang sind (etwa 34—42 mm lang bei 1,2 mm Breite) und bei der sowohl die Zweige als auch die Blätter einander wenig genähert sind. — Im übrigen zeigen die 6 Arten viel Gemeinsames. Die Verzweigung ist ziemlich dicht (Ausnahme *Rhus rosmarinifolia*), die Blätter sind einander ziemlich dicht (bei *P. ericoides* sehr dicht, bei *Rhus rosmarinifolia* und *Ph. stipularis* locker) genähert, häufig mehr oder weniger aufwärts gerichtet (bei *Rhus rosmarinifolia* und den 2 *Phylica*-Arten mehr oder weniger abstehend). Die Blätter oder Blättchen sind etwa linealisch, meist nicht steif (Ausn. *Ph. stipularis*), meist schwach glänzend, auf der Aussenseite kahl (Ausn. *Ph. Thunbergiana*). Die Furchenseite ist behaart (Ausn. *Cliffortia falcata*). Die Zweige sind mit kurzen Haaren besetzt, bei *Ph. stipularis* mit einem dichten, weisslichen Filze, bei *Rhus rosmarinifolia* und *C. falcata* kahl. Die Blätter oder Blättchen haben unterseits 1 Furche, bei *Rhus rosmarinifolia* 2 Furchen, und sind dorsiventral gebaut; das 1schichtige (bei *C. falcata* stellenweise 2schichtige) Palissadengewebe liegt auf der Aussenseite, das lockere Schwammparenchym nebst den Spaltöffnungen auf der Furchenseite. Die Epidermiszellen der Aussenseite sind sehr gross und hoch, im Querschnitte Quadrate oder stehende Rechtecke und haben eine dicke Aussenwand (11—15,5 μ; Ausn. *C. falcata*, vgl. später). Die Epidermiszellen der Furchenseite sind kleiner, viel niedriger (bei *P. ericoides* z. B. 6mal niedriger und, wie bei *P. filiformis*, oft liegende Rechtecke) und haben dünne Aussenwände (etwa 2,2—2,6 μ, bei *Rhus rosmarinifolia* nur 0,9 μ dick; *C. falcata* wird später be-

sprochen). Bisweilen sind auch die Epidermis-Innenwände der Aussenseite ziemlich dick (z. B. bei *P. ericoides* 3,3—4,4 μ dick). Verschleimte Innenwände haben *P. ericoides* und *C. falcata*. Die Haare der Furchenseite sind als Wollhaare ausgebildet und fehlen nur bei *C. falcata*. Die Spaltöffnungen sind auf den behaarten Furchenseiten um 10—18 μ über die Epidermis-Oberfläche gehoben, auf der kahlen Furchenseite von *C. falcata* (wie bei den 15 anderen untersuchten kapischen *Cliffortia*-Arten) um die Höhe der benachbarten Epidermiszellen eingesenkt. In den meist schwach entwickelten Gefässbündeln ist der Bast gewöhnlich der vorwiegende Teil; bei *P. ericoides* und *P. filiformis* ist das mittlere Bündel gut ausgebildet und berührt mit dem reichlichen Baste die Epidermis der Furchenseite. In jeder Blatthälfte liegen etwa 2—4 rudimentäre Bündel. Kollenchym verbindet das mittlere Bündel mit der Epidermis der Furchenseite bei *Ph. stipularis* und *Rhus rosmarinifolia*. Gefässbündelscheiden mit deutlichen Zellen sind meist vorhanden. Hell- bis dunkelbrauner Inhalt ist in allen [illegible]rn vorhanden (Ausn. *C. falcata*) und kommt in den Gefässbündelscheiden, im Palissadengewebe, im Schwammparenchym, in dem etwaigen Kollenchym und bisweilen auch in der Epidermis der Aussenseite vor; bei den verschiedenen Arten kommt er in diesem Gewebe ungleich reichlich vor; auch bei derselben Art, gewiss sogar bei demselben Individuum, dürfte die Reichlichkeit je nach den Umständen schwanken. Im Schwammparenchym liegen bei *P. filiformis* und *P. ericoides* Zellen mit Krystallsand, bei *Phylica stipularis* zahlreiche Zellen je mit einer Druse oder einem Einzelkrystall. Bei *Rhus rosm.* enthält der Mittelnerv in seinem Phloem schizogene Harzgänge, die bei den Anacardiaceen systematischen Wert besitzen.

Die erikoiden Blättchen von *Cliffortia falcata* sind, wie schon wiederholt angedeutet wurde, ökologisch mehrfach ausgezeichnet. Die Epidermis-Aussenwände der Aussenseite sind ziemlich dünn (2—6,6 μ dick), die der Furchenseite hingegen messen 6,6—11 μ, sind also viel dicker als jene. Die Aussenseite erhält den nötigen Schutz gegen starke Transpiration wohl dadurch, dass sie hohe Epidermiszellen besitzt, dass deren Innenwände häufig verschleimt sind und dass das Palissadengewebe hoch ist (wo es 1-schichtig ist, etwa 55 μ, wo es 2-schichtig ist, etwa 110 μ). Auf der Furchenseite wird der Mangel von Haaren durch die Dicke der Epidermis-Aussenwände und durch

die Einsenkung der Spaltöffnungen ersetzt (die äussere Atemhöhle ist etwa 13—15,5 μ hoch).

Überblickt man alle behandelten erikoiden Blätter, so ergeben sich folgende Verhältnisse, die den meisten Arten gemeinsam sind. Die Furchenseite hat 1—2 Furchen, liegt auf der morphologischen Blattunterseite und wird, weil die Blätter am Zweige mehr oder weniger aufwärts gerichtet sind, vom Lichte reichlich und zwar unter spitzen Winkeln getroffen, erhält aber weniger Licht als die gegenüber liegende Blattseite, die Blattoberseite. Die Verzweigung ist dicht, die Blätter sind einander dicht oder ziemlich dicht genähert. Die Oberfläche der Blätter oder der Blättchen ist im Verhältnis zu ihrem Volumen sehr klein; man findet demgemäss Blätter oder Blättchen von rundlichem bis länglichem Querschnitte und von linealischer, länglicher oder linealisch-lanzettlicher Gestalt. Die Grösse der Blätter oder der Blättchen ist gering; die Länge schwankt meist zwischen 1,2 und 15 mm und erreicht nur bei *Rhus rosmarinifolia* 34—42 mm Länge (bei 1,2 mm Breite), die Breite beträgt 0,5 bis 2 mm. Die Blätter oder die Blättchen sind matt (selten schwach glänzend), ferner sitzend oder sehr kurz gestielt (die längsten, nämlich 1,7—5 mm langen Blattstiele hat *Rh. rosmarinifolia*). Die Aussenseite ist meist kahl oder fast kahl, während die Furchenseite eine mehr oder weniger dichte Behaarung aufweist. Auch die Zweige tragen in der Regel ein kurzes, dichtes Haarkleid. Die Blätter oder die Blättchen sind im Chlorophyllgewebe dorsiventral (bei den 3 Rubiaceen jedoch gleichförmig) gebaut. Das Palissadengewebe ist ziemlich hoch und einschichtig. Die Epidermiszellen der Aussenseite sind gross und hoch. Die Epidermis-Aussenwände der Aussenseite sind dick; bisweilen zeichnen sich auch die Epidermis-Innenwände auf der Aussenseite des Blattes durch Dicke aus; oft sind diese Innenwände verschleimt und quellen dann bei Wasseraufnahme mehr oder weniger stark (selbst beim Herbarmaterial). Die Epidermiszellen der Furchenseite sind klein und niedrig, ihre Aussenwände dünn. Starke Hervorwölbungen der Furchenseite, die unter dem mittleren Gefässbündel oder an anderen Stellen liegen, haben, sicher infolge ihrer weniger geschützten Lage, grössere Epidermiszellen und dickere Aussenwände. Auf den behaarten Furchenseiten sind die Spaltöffnungen über das Niveau der Epidermis-Oberfläche emporge-

hoben, was gewiss mit der Behaarung zusammenhängt[23]). Die Gefässbündel sind schwach entwickelt; das mittlere Bündel ist das stärkste, die übrigen sind rudimentär. Brauner Zellinhalt, der in der Regel Gerbstoff sein dürfte, ist im Palissadengewebe, im Schwammparenchym, in etwaigen Gefässbündelscheiden, in etwaigem Kollenchym unter dem mittleren Gefässbündel und in der Epidermis, besonders in der der trocknen Luft am meisten ausgesetzten Epidermis der Aussenseite häufig vorhanden. Wie schon S. 10 angedeutet wurde, und wie sich dieses auch bei den pinoiden Blättern und bei den anderen untersuchten Blattformen gezeigt hat, kommt der braune Zellinhalt, wenn er überhaupt auftritt, entweder vorwiegend im Chlorophyllgewebe (und zwar besonders in solchen Teilen dieses Gewebes, die am stärksten beleuchtet werden, bei dorsiventralen Blättern also besonders in dem Palissadengewebe), oder vorwiegend in der Epidermis vor. Jedenfalls tritt er dann in den stark beleuchteten Teilen der Blätter auf. Dieses weist nicht nur darauf hin, dass die Produktion von Gerbstoff, wie Kraus[24]) nachgewiesen hat, in einer gewissen Coincidenz mit der Kohlensäureassimilation des Chlorophylls im Lichte steht, sondern auch darauf, dass der Gerbstoff die Blätter vermutlich gegen starke Beleuchtung schütze, indem er vielleicht Strahlen absorbiere, die eine chemische Zersetzung des Chlorophylls veranlassen könnten.

II. Holzpflanzen mit pinoiden Blättern und ähnlichen Blattformen.

A. Typische pinoide Blattformen.

Als pinoide Blätter, Blättchen oder Blattabschnitte bezeichne ich solche, die eine linealische Gestalt und ungefähr einen rundlichen oder länglichen Querschnitt haben und deren Chlorophyll-

23) Kahle Furchen haben die 3 Rubiaceen und *Cliffortia falcata*. Bei dieser liegen die Spaltöffnungen eingesenkt, bei jenen im Niveau der Epidermis-Oberfläche. Diese Lage ist nicht notwendig durch den Mangel an Behaarung zu erklären, sondern erscheint zunächst als systematisches Merkmal. Die *Cliffortia*-Arten haben bei verschiedenem ökologischem Blattbau, mögen die Blätter z. B. kahl sein oder nicht, stets eingesenkte Spaltöffnungen.

24) Kraus, G. Grundlinien zu einer Physiologie des Gerbstoffes. Leipzig 1889.

gewebe mehr oder weniger centrisch gebaut ist. Die hierher gehörigen zahlreichen Blätter sind ungeteilt, 3-zählig oder mehrfach geteilt (3—4fach geteilt ist das Blatt der Proteacee *Nivenia mollissima* Br.) und gehören zu den Familien der Leguminosen (*Aspalathus*-Arten mit 3zähligen Blättern; *A. corymbosa* E. Mey, hat auch einfache Blätter), Bruniaceen, Rutaceen (Diosmeen), Proteaceen, Polygalaceen, Thymelaeaceen und Ericaceen (hierher *Erica cupressina*[25]). Für den Habitus und den Blattbau der meisten untersuchten Arten mit pinoiden Blättern gilt folgendes. — Die Sträucher sind immergrün (bei *Nivenia mollissima* durch die dichte Behaarung der Blätter und Zweige vielmehr immer grau). Die Verzweigung ist dicht oder ziemlich dicht. Die Blätter oder die Blättchen sind einander dicht oder ziemlich dicht genähert (bei den Leguminosen häufig büschelig gestellt), mehr oder weniger aufwärts gerichtet und erhalten daher auf allen Seiten Licht und zwar unter spitzen Winkeln (sie bilden mit den Zweigen Winkel etwa von 10—60°, bei vielen Arten kleinere Winkel etwa von 10—30°; bei *Agathosma hispida* Bartl. et Wendl. beträgt der Winkel etwa bis 90°, bei *Aspalathus carnosa* Berg. non L. 20—150°, indem die Blättchen oft herabhängen). Die Grösse der Blätter etc. ist stets gering. Sehr kleine Blättchen hat *Aspalathus ericifolia* L. (etwa 1,7 mm lang und 0,4 mm breit). Die Blättchen von *A. corymbosa* sind etwa 30 bis 38 mm lang und 1 mm breit, die der übrigen Leguminosen ungefähr 4—15 mm lang und 0,5—1,3 mm breit. Bei *Nivenia mollissima* sind die Blattabschnitte letzter Ordnung 4—8 mm lang und 0,6 mm breit. Die übrigen, ungeteilten pinoiden Blätter werden etwa 10,5—14,5 mm (selten, nämlich bei *Spatalla procera* Knight, 23 mm) lang und 0,5—1,8 mm breit. Die Blätter oder die Blättchen sind linealisch. Bei mehreren Arten findet sich auf der Blattoberseite eine sehr schwache Furche: bei *Coleonema album* Bartl. et Wendl., *Agathosma hispida, Diosma vulgaris* Schldl. und *Staavia radiata* Thunb., bisweilen auch bei *Lachnaea capitata* Meissn. Die rundlich-dreieckigen Blätter der 3 genannten Diosmeen haben überdies auch auf der geometrischen Unterseite, die mit der morphologischen zusammenfallen dürfte und aus 2 Flächen besteht, auf jeder dieser Flächen sehr schwache Furchen und tragen nur hier die Spaltöffnungen. Häufig sind die Blätter oder die Blättchen steif oder

25) Nach Ljungström, l. c. p. 21, Taf. 1 f. 1—4.

ziemlich steif; mehr oder wenige steife Mucrones sind verbreitet. Die Blätter sind matt (bei *Coleonema album* schwach glänzend, besonders oberseits) und grün (bei *Aspalathus triquetra* Thunb. bräunlichgrün, bei *A. ericifolia* und bei *Nivenia mollissima* durch Haare grau). Vorkommen und Reichlichkeit der Behaarung auf den Zweigen und den Blättern schwanken nach den Arten. — Der Blattbau ist stets centrisch. Das Chlorophyllgewebe besteht auf dem Blattumfange aus Palissadengewebe, das in 1—4 Schichten auftreten kann. 2—3schichtig, selten stellenweise 4schichtig ist es bei *Spatalla procera.* Bei einigen Arten treten mehrere Schichten Palissadenzellen auf, bilden aber keine regelmässigen Reihen, so in dem 2—3schichtigen Palissadengewebe von *Aspalathus chenopoda* L., in dem 3schichtigen von *A. corymbosa* und in dem 2—3schichtigen von *A. ericifolia, A. uniflora, A. arida* E. Mey. und *Nivenia mollissima.* Ein lockeres Chlorophyllparenchym ist innerhalb des Palissadengewebes oft vorhanden, fehlt aber z. B. bei den Blattabschnitten von *Nivenia mollissima*; hier hat die stellenweise vorkommende dritte Schicht dieses Gewebes längliche und rundliche Zellen, ferner, wie das ganze Palissadengewebe, deutliche Intercellularen, und dient gewiss nicht nur als Assimilationsgewebe, sondern auch als Zuleitungsgewebe, worauf ihre Lage an dem inneren Wassergewebe, dem das einzige Gefässbündel eingebettet ist, hinweist. *Aspalathus araneosa* L., *A. triquetra* und *Lachnaea capitata* Meissn. haben ein gleichförmiges Chlorophyllgewebe. Die Epidermiszellen sind auf dem ganzen Blattumfange gross, hoch, im Querschnitte quadratisch, nur bei *A. araneosa* auf der Blattoberseite niedrig und auf der Unterseite höher und breiter. Die Epidermis-Aussenwände sind dick, etwa 10—11 μ, in einigen Fällen sehr dick (11—15,5 μ). Bei manchen Arten wird die Abgabe des Wassers aus der Epidermis noch dadurch erschwert, dass auch deren Innenwände ziemlich dick sind. Verschleimte Innenwände treten weniger häufig auf, als bei den erikoiden Blättern; bei den 3 Diosmeen und bei *Lachnaea capitata* beobachtete ich an allen Epidermiszellen des Blattumfanges, die Nebenzellen der Spaltöffnungen ausgenommen, verschleimte Innenwände. Die Haare haben dicke oder sehr dicke Wände und sind mit Luft erfüllt; wenn sie mehrzellig sind, wie bei *Nivenia mollissima,* hat wenigstens die lange Endzelle dicke Wände. Die Spaltöffnungen liegen in dem Niveau der Epidermis-Oberfläche; nur bei *Lachnea* sind sie stets

etwa um die Höhe der Nebenzellen unter dieses Niveau eingesenkt (äussere Atemhöhle 7—24 μ hoch; bei *Nivenia mollissima* liegen sie etwa in dem Niveau oder sind höchstens um die halbe Höhe einer Epidermiszelle eingesenkt). Der Vorhof ist klein, am Eingange verengert; ein Hinterhof fehlt häufig; die innere Atemhöhle ist gewöhnlich gross. Ein hypodermales Wassergewebe hat *Aspalathus carnosa*; hier entstehen stellenweise durch tangentiale Teilung einer Epidermiszelle 2—3 hypodermale Zellen. Ein inneres Wassergewebe [26]) mit grossen, dünnwandigen, in den Ecken schwach kollenchymatisch verdickten Zellen ohne Intercellularen besitzen *Aspalathus chenopoda*, *A. corymbosa* und *Spatalla procera*; diesem Gewebe sind die Gefässbündel eingebettet. Bei der von Ljungström beschriebenen und abgebildeten *Erica cupressina* liegt innerhalb des 1-schichtigen Palissadengewebes ein Parenchym mit rundlichen Zellen, das gewiss ebenfalls, wenigstens teilweise, als Wassergewebe dienen dürfte; es hat angeblich spärliches Chlorophyll, kleine Intercellularen und umschliesst die Gefässbündel. — Die Gefässbündel der pinoiden Blätter und Blättchen sind schwach ausgebildet; jedes hat nur ein grösseres Bündel; eine Ausnahme bildet allein *Lachnaea capitata*, bei der in einem Bündel 3 grössere (etwa gleich grosse) und 4 kleinere Bündel vorkommen. Bei *Aspalathus ericifolia*, *Spatalla procera* und *Nivenia mollissima* ist das in der Mitte des Blättchens, des Blattes oder des Blattabschnittes gelegene Bündel das einzige. In der Regel treten bei den pinoiden Blättern jedoch ausser dem mittleren Gefässbündel 1—4 rudimentäre auf. In dem mittleren Bündel ist der Bast gewöhnlich stark entwickelt; bei *Agathosma Capense*, *Diosma vulgare*, *Spatalla procera* und *Nivenia mollissima* sind auch Gefässe und Libriform reichlich vorhanden. Gefässbündelscheiden mit deutlichen Zellen sind häufig vorhanden. Kurze Sklerenchymzellen (Sklereiden, Steinzellen) kommen bei *Nivenia mollissima* vor. Der Blattquerschnitt enthält hier in dem Wassergewebe etwa 4, im Blattquerschnitte rundlich, länglich oder keulenförmig aussehende Steinzellen; diese reichen bisweilen in die äusserste Palissadenzellenschicht hinein, dienen nach ihrer Lage besonders als Stützzellen des Wassergewebes, weniger als solche des Palissadengewebes, und tragen bisweilen mehrere Äste, mit denen sie die Palissadenzellen umfassen oder sich

26) Vgl. das in Volkens, Flora der ägypt.-arabischen Wüste, Berlin, 1887, Tafel XII, f. 5 abgebildete Wassergewebe von *Bassia muricata* L.

an sie stützen. — Brauner Zellinhalt tritt weniger häufig als bei erikoiden Blättern auf und findet sich besonders im Palissadengewebe und in den Gefässbündelscheiden. Bei *Staavia radiata* und *St. glutinosa* Thunb. tritt er im Palissadengewebe und ausserdem in besonderen Zellen auf; innerhalb des Palissadengewebes liegen ausser den gewöhnlichen Schwammparenchymzellen grosse, rundliche oder längliche, mit braunem Inhalt erfüllte Zellen, die breiter als die Palissadenzellen sind, eine Verbindung zwischen diesen und den Gefässbündeln darstellen und als Zuleitungszellen aufzufassen sind. Der Inhalt der Epidermis ist meist farblos, selten hellbraun oder dunkelbraun. *Diosma vulgare* hat in den Epidermiszellen des ganzen Blattumfanges, in den Scheiden der Gefässbündel, seltener im Palissadengewebe dunkelbraunen Inhalt. *Nivenia mollissima* führt solchen Inhalt nur im Chlorophyllgewebe. Zellen mit einer grossen Krystalldruse kommen in der Nähe des Gefässbündels häufig vor; die Blätter von *Coleonema album* und *Diosma vulgare* zeigen auch Einzelkrystalle. Zellen mit Krystallsand liegen im Chlorophyllgewebe von *Lachnaea capitata*. Die 3 Diosmeen weisen die für sie kennzeichnenden lysigenen Sekretbehälter auf, führen in ihnen in der lebenden Pflanze, wie andere Rutaceen, gewiss ätherisches Öl und haben also wohl eine ökologische Bedeutung. Luft, welche Dämpfe eines ätherischen Öles enthält, lässt die strahlende Wärme in viel geringerem Grade durch als reine Luft (nach Tyndall) und wird die Pflanze tagüber im Sonnenscheine gegen zu grosse Erwärmung und nachts bei heiterem Himmel gegen zu grosse Abkühlung schützen [27]).

B. Gefurchte pinoide Blätter und Blattabschnitte.

Schon unter II A wurden pinoide Blätter mit sehr schwachen Furchen erwähnt. Andere pinoide Blätter und Blattabschnitte haben tiefer ausgehöhlte Furchen, behalten aber im übrigen den pinoiden Bau bei, haben insbesondere ein centrisches Chlorophyllgewebe und auf dem ganzen Blattumfange Spaltöffnungen. Hierher gehören die Blätter der Proteaceen *Leucospermum canaliculatum* Buek und *Aulax pinifolia* Berg. und die Blattabschnitte der Leguminose *Psoralea pinnata* L. — Diese Art hat unpaarig gefiederte Blätter, gewöhnlich mit 3 Paar seitlichen Abschnitten und einem Endabschnitte. Die Abschnitte haben oberseits eine schmale, tiefe Furche. Die Blätter

27) Haberlandt. Physiolog. Pflanzenanatomie 1884, p. 325.

fallen vor der trocknen Zeit, wenigstens grossenteils, ab. Hierdurch erklärt sich die geringe Dicke der Epidermis-Aussenwände (4,4 μ). Bemerkenswert ist ferner, dass die Epidermiszellen niedrig, breiter als hoch sind und dass das Chlorophyllgewebe gleichförmig gebaut ist (Palissadenzellen fehlen). Zwischenwanddrüsen, die für die Gattung *Psoralea* systematischen Wert besitzen [28]), kommen in jeder Blatthälfte zu 1—2 vor. Die Blattabschnitte sind etwa 25—40 mm lang und 0,5 mm breit. Zweige und Blätter stehen dicht, bilden miteinander Winkel etwa von 20—30° und sind mit zahlreichen Haaren besetzt. — *Leucospermum canaliculatum* hat einander wenig genäherte, von den Zweigen oft fast unter 90° abstehende Blätter, die oberseits tief gefurcht sind und etwa 100 mm lang und 2,7 mm breit werden. Zweige und Blätter sind durch kurze Haare grau. Auf dem ganzen Blattumfange liegt 2—3schichtiges Palissadengewebe; die weiter innen folgenden Chlorophyllzellen liegen unregelmässig', sind häufig rundlich und dienen wohl als Zuleitungsgewebe. Von dem mittleren Teile des Blattes ragen in das Palissadengewebe keulenförmige, bisweilen verästelte Sklereiden hinein, die als Stützzellen dieses Gewebes dienen und teilweise die Epidermis erreichen. Das Chlorophyllparenchym, das Holzparenchym und viele Zellen des Leptoms der Gefässbündel enthalten braunen Inhalt. — *Aulax pinifolia* hat auf der Blattoberseite eine ziemlich tiefe Furche. Die Zweige und die Blätter stehen ziemlich dicht, die Blätter etwa unter 30°, seltener unter 30—55° von den Zweigen ab. Die Blätter sind häufig oberseits d. h. nach den Zweigen zu gekrümmt, messen etwa 61 mm Länge und 1 mm Breite, in dem gekrümmten Zustande nur etwa 43 mm Länge und enthalten ringsum ein 3schichtiges Palissadengewebe. Die Blattränder sind stumpf und je durch 5—7 grosse Kollenchymzellen verstärkt. Das innere Wassergewebe, dem die Gefässbündel eingelagert sind, wird von einer einschichtigen Parenchymscheide umgeben, was für die Gattung *Aulax* kennzeichnend ist. Die Scheidenzellen, bisweilen auch die Palissadenzellen, enthalten einen dunkel- oder rotbraunen Inhalt.

C. Pinoide Blätter, deren Spaltöffnungen nur auf einer Blattseite liegen.

Die pinoiden Blätter zweier *Cliffortia*-Arten, *C. filifolia* L. f.

28) Weyland, J. Beiträge zur anatomischen Charakteristik der Galegeen. Münchener Diss. (Bull. de l'herb. Boiss. t. I, app. no. 3, p. 35. 1893).

und *C. iuniperina* L. f., weichen von den typischen pinoiden Blättern dadurch ab, dass ihre Spaltöffnungen nur auf der Unterseite liegen, dass die Blattoberseite deutlich gefurcht ist und dass die Epidermiszellen der Unterseite niedriger sind als die der Oberseite. Die Spaltöffnungen sind, wie bei anderen *C.*-Arten, etwa um die Höhe der benachbarten Epidermiszellen eingesenkt.

D. Eine Übergangsform zwischen pinoiden Blättern und flachen Blättern

bildet das Blatt von *Cliffortia strobilifera* L. Es ist einfach, linealisch, etwa 30 mm lang und 2,7—3,6 mm breit, erinnert also in seiner Gestalt an die pinoiden Blätter, in seinem dorsiventralen Bau jedoch an die flachen Blätter. Die Oberseite zeigt eine wenig vertiefte Furche und ein einschichtiges Palissadengewebe, die Unterseite trägt allein die Spaltöffnungen und ein ziemlich lockeres Schwammparenchym. Die Epidermiszellen der Oberseite sind ziemlich gross, die der Unterseite niedrig; jene haben etwa 6 μ dicke Aussenwände, diese etwa 4,4 μ dicke. Die Zweige und die Blätter stehen dicht; diese sind mehr oder weniger aufwärts gerichtet (der Winkel mit den Zweigen misst etwa bis zu 40°). Der Blattquerschnitt ist linealisch.

E. Pinoide Rollblätter und Rollblättchen.

Hierher rechne ich solche pinoiden Blätter und Blättchen, deren Ränder nach einer Blattseite umgebogen oder umgerollt [29]) sind (nicht nur so erscheinen, wie bei erikoiden Blättern von *Erica*-Arten etc.) und auf dieser Seite eine mehr oder weniger tiefe Furche hervorruft. Beispiele sind die einfachen Blätter von *Muraltia Heisteria* DC. und die Blättchen der 3zähligen Blätter von *Aspalathus callosa* L., deren Blattränder nach der Blattoberseite umgebogen sind. Im übrigen behalten die Blätter den pinoiden Bau bei: sie haben ein centrisches Chlorophyllgewebe und auf beiden Seiten Spaltöffnungen.

---

29) Rollblätter mit wirklich umgerollten Rändern, d. h. mit Rändern, die mindestens eine Windung beschreiben, beobachtete ich bei den kapischen Holzpflanzen nicht. Man gebraucht bekanntlich den Ausdruck umgerollt häufig in dem Sinne von umgebogen.

III. Holzpflanzen mit Rollblättern oder ähnlichen Blattformen.

A. Typische Rollblätter und Rollblättchen.

Als typische Rollblätter und Rollblättchen bezeichne ich solche Blätter und Blättchen, deren Spreite in ausgebreitetem Zustande ungefähr einen linealischen Querschnitt hat und deren Ränder nach einer Blattseite umgebogen oder umgerollt [29]) sind (nicht nur so erscheinen, vgl. vorhin) und auf dieser Blattseite eine mehr oder weniger tiefe Furche hervorbringen. Diese Furchen bilden bei den einzelnen Blättern und, weil die Blätter einander gewöhnlich genähert sind, zwischen ihnen windstille, die Transpiration herabsetzende Räume. Der Blattbau kann dorsiventral oder centrisch [30]) sein.

1. Dorsiventrale Rollblätter und Rollblättchen.

Nach der Blattunterseite sind die Blattränder umgebogen bei *Phylica buxifolia* L., *Ph. reflexa* Lam., *Ph. oleifolia* Vent., *Adenandra uniflora* Willd., *Royena rugosa* E. Mey., *Rhus dissecta Thunb.* (Blätter 3zählig), *Cliffortia polygonifolia* L. (Blätter 3zählig, Blättchen bisweilen flach), nach der Blattoberseite bei *Agathosma anomala* E. Mey. und *Cliffortia Dregeana* Presl.

Die Spaltöffnungen liegen gewöhnlich auf der Furchenseite, die meist Wollhaare trägt. Ausnahmen bilden die beiden letzten Arten, deren Blätter kahl sind und die Spaltöffnungen nur auf der Aussenseite (Blattunterseite), also nicht auf der Furchenseite, tragen; sie haben beiderseits dicke Epidermis-Aussenwände, wodurch der Mangel an Behaarung ersetzt wird. — Die Höhe und das Volumen der Epidermiszellen sind auf der Blattoberseite grösser als auf der Unterseite. Die Blattgrösse ist meist gering. Die Länge der Blätter oder der Blättchen beträgt meist 5,4—23 mm, die Breite 1,7—6 mm; eine grössere Länge zeigen unter den untersuchten Arten nur die Blätter von *Royena rugosa* (22—31 mm bei 2,2—4,8 mm Breite), eine grössere Breite nur die Blätter von *Phylica buxifolia* (nämlich 8,5 mm bei 17 mm Länge). — Die Blätter sind sitzend oder fast sitzend, bei *Rhus dissecta* jedoch lang gestielt und locker gestellt. —

30) De Bary. Vergleichende Anatomie. 1877, p. 423.

Bei *Cliffortia Dregeana* sind die Blattränder durch starke Gruppen von Bast verstärkt, die zu randständigen Gefässbündeln gehören.

2. Centrische Rollblätter und Rollblättchen.

Hierher gehören *Gnidia albicans* Meissn. und *Anthospermum hirtum* Cruse, deren Blätter gleichförmiges, lockeres Chlorophyllparenchym haben (Palissadenzellen fehlen), und *Cliffortia ruscifolia* L., deren Blätter beiderseits eine Reihe Palissadenzellen aufweisen. — Bei *Gnidia albicans* rufen die umgebogenen Blattränder oberseits eine schwache Aushöhlung der Blattspreite hervor. Die Blätter sind steil aufwärts gerichtet und länglich, 7—9 mm lang und 2,5—4 mm breit. Spaltöffnungen liegen nur auf der Oberseite und sind etwa um die halbe Höhe der benachbarten Epidermiszellen eingesenkt (äussere Atemhöhle etwa 18 μ hoch, am Eingange erweitert). Die Epidermiszellen der Unterseite sind etwa 44—66 μ, die der Oberseite etwa 33—44 μ hoch. Die Epidermis-Aussenwände der Unterseite sind 6,6—8,8 μ, die der Oberseite etwa 4,4 μ dick. Die Epidermen beider Blattseiten haben häufig stark quellbare Innenwände. — Bei *Cliffortia ruscifolia* entsteht durch Umbiegen der Blattränder oberseits eine Furche, nur nicht am Blattgrunde. Die Blätter sind mehr oder weniger abstehend, eiförmig-lanzettlich und messen etwa 10—11 mm Länge und 1,7—3 mm Breite. Die Spaltöffnungen kommen nur auf der Unterseite vor und sind etwa um die Höhe der benachbarten Epidermiszellen eingesenkt (äussere Atemhöhle etwa 4 μ hoch). Haare finden sich nur auf den jüngeren Blättern. Die älteren Blätter werden gegen starke Transpiration besonders durch die Dicke der Epidermis-Aussenwände geschützt, die oberseits etwa 12,2 μ, unterseits etwa 13,3 μ beträgt. Die Blattränder sind durch Sklerenchymfasern verstärkt, die jedenfalls Bastzellengruppen von Gefässbündeln darstellen.

B. Übergangsformen zwischen Rollblättern und flachen Blättern.

Nicht selten sind die Blattränder nach einer Blattseite nur teilweise oder nur schwach umgebogen, oder die ganze Blattspreite bildet auf einer Seite eine Aushöhlung. Solche Blattformen bilden einen Übergang von den Rollblättern zu den flachen Blättern. Die Epidermis-Aussenwände sind auf beiden Blattseiten mehr oder weniger dick. Die Grösse der Blätter und der Blättchen ist gering;

die Länge schwankt zwischen 5,5 und 9,5 mm, die Breite zwischen 2,5 und 8 mm. Weitere gemeinsame Merkmale dieser Übergangsformen lassen sich kaum aufstellen.

1. Centrisch gebaute Blätter und Blättchen.

Hierher gehören die Blättchen der 3zähligen Blätter von *Indigofera Candolleana* Meissn., *Aspalathus undulata* E. et Z. und *Psoralea Harveyana* Meissn. und die Blätter von *Muraltia thymifolia* Thunb., *M. ononidifolia* E. et Z., *Lachnaea filamentosa* Meissn. und einer *Gnidia*-Art. Die Blättchen von *I. Candolleana* und die Blätter von *M. thymifolia* und *M. ononidifolia* haben auf beiden Blattseiten Palissadengewebe, das bei der ersten Art 2—3 unregelmässige Schichten bildet, bei den anderen beiderseits einschichtig ist. Das Chlorophyllgewebe der Blättchen von *A. undulata* und *A. Harveyana* und der Blätter von *Lachnaea filamentosa* und *Gnidia* sp. ist gleichförmig. Die Spaltöffnungen liegen auf beiden Blattseiten, bei der *Gnidia* jedoch, deren Blätter aufwärts gerichtet sind, nur oberseits. Die Aushöhlung liegt bei *I. Candolleana* unterseits, bei den anderen Arten oberseits.

Die Blätter von *I. Candolleana* sind ziemlich dicht gedrängt; die rundlichen Blättchen stehen von den Zweigen mehr oder weniger ab, häufig etwa unter 90° und tragen beiderseits reichliche, anliegende Haare. Die Spaltöffnungen liegen in Vertiefungen der Blattoberfläche. — Bei *M. thymifolia* sind Zweige und Blätter ziemlich locker gestellt; die elliptischen Blätter sind an den Zweigen mehr oder weniger aufwärts gerichtet und bilden mit ihnen meist Winkel von 10—30°, seltener bis zu 60°. Beide Blattseiten werden, weil die Blätter eine steile Richtung haben und etwas breiter als die Zweige sind, etwa gleich viel Licht erhalten. — Bei *P. Harveyana* ist der Rand der spatelförmigen Blättchen, besonders in dem oberen Teile, nach der Unterseite umgebogen; im übrigen sind die Blättchen flach. Die Zweige stehen dicht, die Blätter ziemlich dicht und bilden mit ihnen Winkel etwa von 40°. — Die elliptischen Blättchen von *A. undulata* stehen von den Zweigen mehr oder weniger ab. Während die Verzweigung dicht ist, sind die Blätter einander locker genähert.

2. Dorsiventral gebaute Blätter.

Von den untersuchten Holzpflanzen gehören z. B. die Penaea-

ceen *Penaea mucronata* L. und *Sarcocolla squamosa* Kth. hierher, deren Verzweigung dicht ist und deren Blätter einander ziemlich dicht genähert sind und von den Zweigen mehr oder weniger abstehen. Die bei *S. squ.* rundlichen (etwa 8 mm langen und 8 mm breiten), bei *P. m.* rundlich-eiförmigen (etwa 6,5 mm langen und 3,5 mm breiten), lederigen, steifen Blätter sind oberseits ausgehöhlt, beiderseits matt und bräunlichgrün; sie haben oberseits ein 1schichtiges Palissadengewebe und unterseits Schwammparenchym. Die Spaltöffnungen liegen beiderseits in dem Niveau der Epidermis-Oberfläche. Lange, sklerenchymatische Idioblasten, die das Chlorophyllgewebe reichlich, besonders bei *S. squ.*, durchsetzen, steigern die Biegungs- und die Druckfestigkeit des Blattes. Sie sind in dem mittleren Teile des Blattes miteinander verflochten, oft durch kurze Äste, verlaufen dann senkrecht oder schief zur Blattoberfläche nach einer Epidermis und lehnen sich dieser mit einem Ende meistens an, indem sie sich umbiegen, und zwar häufig rechtwinkelig, und indem sie eine Strecke weit dicht unter der Epidermis hinziehen; sie treten an die beiden Epidermen gleich häufig heran.

Am Rande schwach nach unten umgebogene Ränder haben die Blätter von *Agathosma craspedota* E. Mey. Das einschichtige Palissadengewebe liegt auf der Blattoberseite, das lockere Schwammparenchym und die Spaltöffnungen liegen auf der Unterseite. Bemerkenswert ist, dass, obwohl die Blätter kahl sind, die Spaltöffnungen etwa um 4,4—6,6 μ das Niveau der Epidermis-Oberfläche überragen. Verschleimte Innenwände haben alle Epidermiszellen der Blattoberseite und viele Epidermiszellen der Unterseite. Häufig kommen in einer Epidermiszelle 2 (auf der Blattoberseite selbst 3) verschleimte Schichten vor, die voneinander durch Cellulosewände getrennt sind; die innerste verschleimte Schicht quillt dann in Wasser am stärksten auf[31]).

IV. Holzpflanzen mit flachen Blättern oder Blättchen und verschiedenen Anpassungen an Trockenheit.

Die Arten mit flachen Blättern oder Blättchen zeigen verschiedene Anpassungen an Trockenheit, aber auch manche ökologi-

31) Zwei verschleimte Schichten hat, wie ich nachträglich sehe, schon Walliczek (Pringsh. Jahrb. XXV 1893, Taf. XI f. 17 u. 18, p. 240 ff.) bei einer kapischen Diosmee, bei *Barosma vulgaris*, beobachtet.

schen Eigentümlichkeiten, die den meisten Arten gemeinsam sind: die Blätter der immergrünen Arten haben gewiss immer dicke Aussenwände (vgl. IV A 2); der Blattbau ist gewöhnlich centrisch.

A. Kleine flache Blätter und Blättchen.

Kleine Blätter oder Blättchen seien solche genannt, deren Länge weniger als 30 mm und deren Breite zugleich weniger als 15 mm beträgt; grössere seien als grosse bezeichnet.

1. Centrisch gebaute Blätter.

Gemeinsam ist den hierher gehörigen Blättern und Blättchen, dass die Epidermis-Aussenwände beider Blattseiten dick sind. Beide Blattseiten erhalten das Licht unter spitzen Winkeln und zwar etwa gleich reichlich und gleich häufig. Das Chlorophyllgewebe ist, mindestens im äussersten Teile, gewöhnlich als Palissadengewebe ausgebildet, seltener ein gleichförmiges. Im übrigen haben die einzelnen Arten ihre besonderen Schutzmittel gegen starke Transpiration, intensive Insolation etc.

Leucadendron nitidum Buek hat einander ziemlich dicht genäherte, mehr oder weniger aufwärts gerichtete, spatelförmige Blätter, die etwa 11 mm lang und 3 mm breit und beiderseits durch zahlreiche Haare silbergrau sind. Das Palissadengewebe ist auf beiden Blattseiten 2—3schichtig und schliesst ein lockeres Chlorophyllparenchym ein; das ganze Chlorophyllgewebe ist etwa 8—9 Zellen mächtig. Die Spaltöffnungen liegen beiderseits zahlreich in dem Niveau der Epidermis-Oberfläche. Die Gefässbündel werden teilweise oder ganz von einem Parenchym umgeben, das gewiss als ein wenig entwickeltes Wassergewebe aufzufassen ist (vgl. andere Proteaceenblätter); die Wände sind dünn, faltbar, Intercellularen fehlen oder sind sehr klein, der Inhalt ist farblos oder hellbraun. — *L. Levisanus* R. Br. hat einander ziemlich stark genäherte, aufwärts gerichtete, fast kahle, spatelförmige, etwa 10 mm lange und 3 mm breite Blätter. Die innersten Schichten des lockeren, auf jeder Blattseite 2—3schichtigen Palissadengewebes stossen in der Blattmitte stellenweise an ein lockeres, mittleres Chlorophyllparenchym. Die Spaltöffnungen liegen auf beiden Blattseiten und sind etwa um 3,3 μ über das Niveau der Epidermis-Oberfläche gehoben. Durch den grössten Teil der Blattmitte verläuft ein Wassergewebe mit schwach kollen-

chymatischen Zellecken und stark lichtbrechenden, leicht faltbaren Wänden. Die Gefässbündel sind diesem Gewebe eingebettet. — *Aulax umbellata* R. Br., die dritte hierher gehörige Proteacee, hat in den Blättern ein stark entwickeltes Wassergewebe, dem die Gefässbündel eingelagert sind und das von einer einschichtigen Scheide umgeben wird[32]). Die Blätter sind einander ziemlich stark genähert, aufwärts gerichtet, spatelförmig (etwa 85 mm lang und 5,5 mm breit), haben ringsum ein 3schichtiges Palissadengewebe und beiderseits zahlreiche, in dem Niveau der Epidermis-Oberfläche liegende Spaltöffnungen. Die Scheide führt rotbraunen Inhalt; auch einzelne Zellen des Wassergewebes können solchen enthalten. Bei den beiden vorigen Proteaceen enthält das Chlorophyllgewebe einen dunkelbraunen Inhalt. — Die länglichen, etwa 5 mm langen und 2,5 mm breiten Blätter von *Penaea fruticulosa* L. f. sind einander ziemlich wenig genähert. Innerhalb des auf beiden Blattseiten 1schichtigen, hohen Palissadengewebes liegt ein lockeres Chlorophyllgewebe, dem die Gefässbündel und die meisten Krystalldrusen-Zellen eingelagert sind. Die gekrümmten, sklerenchymatischen Idioblasten sind weniger zahlreich als bei *P. mucronata* (vgl. III B 2), haben aber hier dieselbe mechanische Aufgabe: die Biegungs- und die Druckfestigkeit des Blattes zu erhöhen. Sie verflechten sich in der Blattmitte oft miteinander und lehnen sich häufig an eine Epidermis an, unter ihr rechtwinkelig umbiegend und eine Strecke weit dicht unter ihr verlaufend. Der Inhalt der Epidermis ist dunkelbraun. — Die Blättchen der 3zähligen Blätter von *Aspalathus heterophylla* E. Mey. non Thunb. und *A. cytisoides* Lam. haben ein gleichförmiges Chlorophyllgewebe, kein Palissadengewebe, bilden mit den Zweigen Winkel von 5—50° und von 10—70° und sind bei beiden Arten klein, länglich bis lanzettlich (5—11 mm lang, 1,5—2,5 mm breit), überdies bei *A. cytisoides* auf der Oberseite häufig nach dem Zweige zu gekrümmt und bei *A. heterophylla* durch anliegende Haare schwach glänzend. Die Spaltöffnungen liegen auf beiden Blattseiten, bei der ersten Art in dem Niveau der Epidermis-Oberfläche, bei der zweiten Art etwas eingesenkt (der Eingang zur Eisodialöffnung liegt 4,4 mm—5,5μ mm tiefer als die Epidermis-Oberfläche).

---

32) Jönsson, B. Bidrag till kännedomen om bladets anatomiska byggnad hos Proteaceerna. (Lunds Univ. Årsskr. XV. 1880. Taf. III f. 38).

2. Dorsiventral gebaute Blätter.

Die hier zu besprechenden 4 *Cliffortia*-Arten sind jedenfalls nicht immergrün, womit Abweichungen von den übrigen untersuchten Holzpflanzen einhergehen: Die Verzweigung ist nicht dicht, die Blätter stehen von den Zweigen mehr oder weniger ab; die Epidermis-Aussenwände sind auf beiden Blattseiten, besonders auf der Unterseite dünn.

Das Palissadengewebe liegt auf der Blattoberseite und ist 1schichtig, bei *C. ferruginea* L. f. 2schichtig. Auf der Unterseite liegt das lockere Schwammparenchym. Die Spaltöffnungen kommen nur unterseits vor und sind etwa um die Höhe der benachbarten Epidermiszellen unter das Niveau der Epidermis-Oberfläche eingesenkt; die äussere Atemhöhle ist etwa 5,5—18 μ hoch. Die Epidermiszellen der Oberseite sind hoch, die der Unterseite niedrig.

C. tricuspidata Harv. hat niederliegende Zweige und einfache, rundlich-umgekehrteiförmige Blätter (etwa 4,5—6 mm lang und 3—4 mm breit), deren Unterseite meistens vom Lichte abgewandt ist. Einzelne Epidermiszellen der Blattoberseite haben verschleimte Innenwände. Die Epidermen beider Blattseiten zeigen viele Falten und erscheinen selbst nach dem Aufweichen in Wasser kollabiert, was darauf hinweist, dass ihre Zellen in lebendem Zustande leicht Wasser abgeben. — *C. ferruginea* ist locker verzweigt. Die einfachen, lanzettlichen, etwa 16,5 mm langen und 3 mm breiten Blätter haben auf der Oberseite einzelne Epidermiszellen mit verschleimten Innenwänden. — *C. odorata* L. f. trägt in der trocknen Zeit wahrscheinlich keine oder nur wenige Blätter. Diese sind fast sitzend und haben eine einfache, ziemlich grosse, rundlich-eiförmige, gesägte Spreite (Länge etwa 28 mm, Breite etwa 19 mm). Die Epidermiszellen der Oberseite haben verschleimte Innenwände. — *C. serpyllifolia* Cham. et Schldl. ist in der trocknen Zeit des Jahres wahrscheinlich blattlos. Die Blätter sind 3zählig, die Blättchen sehr klein, umgekehrt eiförmig, etwa 3,5 mm lang und 1,5 mm breit. Als wesentlicher Schutz gegen starke Transpiration erscheinen die geringe Blattgrösse und die hohen Epidermiszellen auf der Blattoberseite.

B. Grosse flache Blätter.

1. Centrische Blätter.

Den hierher gehörigen 4 Proteaceenblättern ist folgendes gemeinsam. Sie sind immergrün (bei *Leucadendron argenteum* R. Br. durch lange, beiden Blattseiten anliegende Haare vielmehr immer grau). Ihre Blätter sind aufwärts gerichtet und werden auf beiden Seiten vom Lichte unter spitzen Winkeln und etwa gleich häufig und gleich viel getroffen; nur an den Zweigspitzen, wo die Blätter gedrängter stehen, werden die Unterseiten mehr beleuchtet. Die Blätter sind lederig, steif und haben beiderseits Spaltöffnungen, dicke Epidermis-Aussenwände und Palissadengewebe.

Bei *Protea coccinea* R. Br. sind die Blätter fast rundlich, etwa 115 mm lang und 70 mm breit, über der Mitte am breitesten, an der Spitze abgerundet, Haare fehlen ihnen. Das Palissadengewebe ist 1schichtig. Die Spaltöffnungen haben einen grossen, etwa 40 μ hohen Vorhof (die Kutikularleiste ist weit emporgezogen) und überragen die Epidermis-Oberfläche etwa um 18 μ und die Höcker der Epidermiszellen etwa um 9 μ. In der Blattmitte liegt ein Wassergewebe, dem die Gefässbündel eingebettet sind. — *P. macrophylla* L. Die lanzettlichen, etwa 190 mm langen und 45 mm breiten, wenig behaarten Blätter haben stark verdickte Ränder und in dem Niveau der Epidermis-Oberfläche liegende Spaltöffnungen mit verengtem Vorhofe. — *Leucadendron insigne* Buek hat lanzettliche, etwa 47 mm lange und 16 mm breite, beiderseits kurz behaarte Blätter. Das Palissadengewebe ist beiderseits 1—2schichtig. Die sehr dicken Epidermis-Aussenwände haben Poren, die wiederholt verzweigt sein können. Die Spaltöffnungen liegen um $^2/_3$ der Dicke dieser Aussenwände unter dem Niveau der Epidermis-Oberfläche. — Die lanzettlichen, etwa 100 mm langen und 19 mm breiten Blätter des Silberbaumes, *L. argenteum* R. Br., sind, wie die Zweige, einander ziemlich dicht genähert. Sie stehen an diesen aufwärts gerichtet (bilden mit ihnen Winkel etwa von 30—40°). Das Palissadengewebe ist beiderseits 1—2schichtig. Die Spaltöffnungen sind um 4,4 μ über das Niveau der Epidermis-Oberfläche gehoben.

2. Dorsiventrale Blätter.

Die Blattoberseiten, auf denen das 1schichtige Palissadengewebe

liegt, werden vom Lichte mehr getroffen als die Unterseiten, auf denen das Schwammparenchym liegt. Hieraus erklärt sich der dorsiventrale Blattbau.

Von den hier zu behandelnden Arten sind die zwei Ebenaceen vor den meisten Holzpflanzen der immergrünen Buschregion dadurch ausgezeichnet, dass sie achselständige und endständige Knospen mit Knospenschuppen besitzen, worin die jungen Blätter die trockne Zeit überdauern. — Bei *Royena lucida* L. ruhen die jungen Triebe von der Fruchtreife im September bis zu der folgenden Vegetationsperiode in Knospen, die von 4—6 Knospenschuppen fast bedeckt sind; diese sind braun, fast kahl, härter als die eingeschlossenen jungen Blätter und gehen in diese allmählich über, indem sie weniger hart, länger, ferner mehr behaart werden. Die Verzweigung ist sympodial; das letzte Internodium der Triebe wird durch die oberste Knospe zur Seite gedrängt und fällt ab; diese Knospe setzt den Trieb fort; die unter ihr, in den Achseln der 1—3 benachbarten Blätter stehenden Knospen entwickeln sich zu schwächeren Trieben. Bisweilen werden die beiden obersten Triebe ungefähr gleich stark, was dann eine gabelige Anordnung der stärkeren Zweige zur Folge hat. Nach den Blattspuren der abgefallenen Knospenschuppen kann man wie bei äusseren einheimischen Holzpflanzen die einzelnen Jahrestriebe deutlich voneinander unterscheiden. Die Zweige sind, wie die Blätter, einander wenig genähert. Diese bilden mit jenen Winkel etwa von 30—60°, sind fast sitzend, elliptisch, etwa 32—53 mm lang und 14—26 mm breit, lederartig, oberseits glänzend, unterseits matt und fallen im 3. Jahre ab. Die Blattränder sind sehr wenig nach unten umgebogen. Die Epidermiszellen beider Blattseiten sind gross und haben dicke Aussenwände. — Bei *Euclea Kraussiana* Bernh. et Krauss ist die Verzweigung dicht und geht, indem die Endknospe regelmässig fehlschlägt, nur aus seitlichen Knospen vor sich. Die Blätter sind einander wenig genähert, bilden mit den Zweigen Winkel etwa von 40—60°, sind fast sitzend, länglich, etwa 35—45 mm lang und 15—25 mm breit, lederig und fallen im 2. Jahre ab.

Die Blättchen der zwei hier zu besprechenden Anacardiaceen haben Ränder, die ein wenig nach der Unterseite umgebogen sind, können aber nicht als Übergangsform zwischen Rollblättchen und flachen Blättchen aufgefasst werden, weil die geringe Umbiegung

gewiss keine wesentliche ökologische Bedeutung hat. Die umgebogenen Blattränder schützen weder Spaltöffnungen, noch begünstigen sie die Bildung windstiller Räume, weil die Blattspreiten voneinander und von den Zweigen weit abstehen; die Zweige sind, wie die Blätter, locker gestellt. Man könnte höchstens meinen, dass die umgebogenen Blattränder das Blatt gegen biegende und scherende Kräfte widerstandsfähiger machen. Die Blätter sind 3zählig und nicht steif. — *Rhus laevigatum* L. hat schwach behaarte, etwa 45 mm lange Blattstiele und kahle Blättchen. Das mittlere Blättchen ist umgekehrt eiförmig, am Grunde keilförmig, etwa 55 mm lang und 28 mm breit. Die seitlichen Blättchen sind elliptisch, etwa 45 mm lang und 20 mm breit. Das Phloem der Gefässbündel enthält, wie bei der folgenden Art, die für die Familie kennzeichnenden schizogenen Harzgänge. — *Rh. villosa* L. f. hat stark behaarte, etwa 20 mm lange Blattstiele und beiderseits, besonders unterseits, stark behaarte Blättchen. Diese sind elliptisch oder umgekehrt eiförmig, etwa 31 bis 44 mm lang und 20 mm breit.

V. Holzpflanzen mit Rutensprossen.

Holzpflanzen mit Rutensprossen[33]), der Spartiumform Grisebachs[34]) angehörige Gewächse, kommen im Gebiete nur in sehr geringer Anzahl vor.

Als Beispiel sei hier *Psoralea aphylla* L. behandelt. Dieser Strauch ist immergrün; die Blätter dauern länger als ein Jahr. Die Rutensprosse sind dicht gedrängt. Die Blätter hingegen stehen locker übereinander und sind gewöhnlich 3—6 mm voneinander entfernt, so dass das Licht zu den assimilierenden, jungen Zweigen reichlich hingelangen kann. Die jungen Zweige und die Oberseiten der Blätter sind kurz behaart. Auf dem Umfange der jungen Zweige wechseln Gruppen von Chlorophyllzellen und von Kollenchymzellen miteinander ab. Das Kollenchym grenzt an den Bast einiger Gefässbündel. Hier und da liegen Zwischenwanddrüsen unter der Epidermis. Das Chlorophyllgewebe ist 5—6 Zellen mächtig, bildet aber kein Palissadengewebe und keine regelmässigen Zellreihen und hat ziemlich enge Intercellularen; seine Zellen sind rundlich bis läng-

33) Warming. Plantesamfund, p. 157. Deutsche Ausg. p. 185.
34) Grisebach. Vegetation der Erde, I, p. 13; 2. Aufl. I, p. 12.

lich. Die Spaltöffnungen liegen rings um den ganzen Zweig. Das Mark des Zweiges dient gewiss als Wassergewebe. In dem Phloem der Gefässbündel liegen sehr weite Gerbstoffschläuche mit rotbraunem Inhalte. — Die Blätter sind den Zweigen dicht angedrückt, bilden mit ihnen aber auch Winkel, die etwa 30° erreichen; sie sind ferner sitzend, eiförmig, spitz, etwa 3 mm lang und 1,3 mm breit, bräunlichgrün, matt, steif. Auf ihrer konvexen Unterseite (äusseren Seite) liegt ein 2—4 Zellen mächtiges Chlorophyllgewebe mit rundlichen bis länglichen, nicht reihenförmig angeordneten Zellen. Auf der Blattoberseite fehlt das Chlorophyllgewebe; hier liegt Kollenchym, das zwischen der Epidermis und den Gefässbündeln nur 1schichtig, an anderen Stellen etwa bis 7 Zellen dick ist. Palissadenzellen fehlen, wie in den Zweigen. Die Spaltöffnungen liegen nur auf der Blattunterseite; ihre Atemhöhlen sind ziemlich gross. Stellenweise liegen unter der Epidermis der Blattunterseite Zwischenwanddrüsen. Haare kommen nur auf der konvexen Blattoberseite vor; es sind, wie auf den Zweigen, Kopfhaare mit einem 4zelligen Stiele und einem einzelligen Kopfe.

Es wäre verfrüht, wenn man die allgemeinen ökologischen Verhältnisse der kapischen Holzgewächse schon jetzt eingehend darzulegen versuchen wollte. Die Grundzüge ihrer Ökologie sollen jedoch schon hier gegeben werden.

Die Naturverhältnisse, worunter die behandelten Holzpflanzen leben, sind folgende.

Das von mir zu Grunde gelegte Gebiet, Drèges Bezirke III Ae, III A d, III D und III E umfassend, hat etwa den Umfang der südafrikanischen immergrünen Buschregion Drudes; aus dem Teile zwischen den Hottentotthollandsbergen und dem Gauritzflusse habe ich jedoch keine Pflanzen untersucht, weil dieser Teil in seinem Klima und seiner Vegetation Übergänge zu den benachbarten, östlichen und nordöstlichen Gebieten bildet. Von Bolus' südwestlicher Region und von Rehmanns Region der Winterregen bilden die genannten Bezirke den westlichen, bis zu den Hottentotthollandsbergen reichenden Teil. Von den politischen Distrikten des Kaplandes gehören zu den genannten 4 Bezirken Drèges folgende: Cape, Paarl, Malmesbury, Piquetberg, die westlichsten Teile der Distrikte Worcester und Tulbagh, soweit sie dem sogleich zu erwähnenden nordsüd-

lichen Gebirgszuge angehören (hierher liegende Standorte sind die Dutoitskloof, die Draakensteensberge und der Winterhoeksberg), und der südlichste Teil des Distriktes Clanwilliam (mit den Standorten Honigvalley, Blaauwberg, Wupperthal, Ezelsbank, Langevalley).

Das Gebiet ist im ganzen eine sandige Ebene, die etwa in 130—170 m Höhe über dem Meere liegt und aus der sich gruppenweise oder einzeln liegende Berge erheben. Die östliche Grenze bildet ein Gebirgszug, der von den Cederbergen südwärts bis zum Kap Hanglip verläuft und je nach seinen Teilen verschiedene Namen trägt. In dem nördlichen Teile erhebt er sich zum Winterhoeksberge (dieser ist 2085 m hoch und die höchste Erhebung des Gebietes) und setzt sich dann südwärts in den Draakensteensbergen, den Franschehoeksbergen und den Hottentotthollandsbergen bis zu jenem Kap fort. Von den einzeln liegenden Bergen und den kleinen Gebirgen sind hervorzuheben: der Tafelberg, der fast unmittelbar aus dem Meere zu einer Höhe von 1092 m emporsteigt, der Löwenkopf und der Duyvelsberg oder Teufelskopf (diese 3 Berge liegen südlich von Kapstadt und gehören zu einem kleinen Gebirgszuge), der Paarlberg (über 700 m hoch), der Piquetberg (über 700 m hoch, in einem kleinen, nordsüdlichen Gebirgszuge) und der Blaauwberg (über 1500 m hoch). Niedrige Küstenterrassen kommen nur in beschränkter Ausdehnung vor, besonders zwischen der Saldanhabai und der Tafelbai. Die Kapstadt liegt etwa 11—15 m über dem Meere, Simonstown (südlich von Kapstadt) 6 m, das benachbarte Wynberg jedoch schon 76 m hoch.

Die genannten Berge bestehen aus quarzitischem Sandsteine (Tafelbergsandstein) und den darunter liegenden Malmesbury-Schichten der südafrikanischen primären Formation. Diese Schichten, wesentlich von Thonschiefer gebildet, sind von Granitstöcken durchsetzt, die, wo sie vom Sandsteine nicht bedeckt werden, aus dem umgebenden Thonschiefer in rundlichen Kuppen hervorragen [35]). Eine solche Kuppe ist der Paarlberg, der nach den »mächtigen Granitblöcken« benannt ist, »welche, vom Bergwasser stellenweise benetzt, weithin durchs Land im hellen Lichte der Sonne glänzen« [36]).

35) Schenck, A. Die geolog. Entwicklung Südafr. (Peterm. Mitteil. 1888, p. 225 ff.).

36) Fritsch, Gust. Südafr. bis zum Zambesi. Leipzig 1888, p. 47, Paarl=Perle.

Die Bewässerung des Gebietes durch Flüsse und Bäche ist eine sehr geringe. Den grössten Fluss, den Bergrivier, fand Lichtenstein [37]) schon im Anfange der heissen Jahreszeit an vielen Stellen wasserleer. Der Olifantfluss gehört nur in seinem Oberlaufe zum Gebiete. Die übrigen, viel kürzeren und wasserärmeren Wasserläufe sind Eerste Rivier, Zekoe-Valley, Diep-Rivier oder Zoutrivier (Saltriver), Modderrivier, Papkuilsquelle, Verloren Valley, Langevalley oder Jackals-River und einige andere.

Nach dem Klima ist das Gebiet subtropisch und fällt ungefähr mit Karl Doves Südwestprovinz des südafrikanischen Gebietes der Winterregen zusammen. Die Nordgrenze dieser Provinz bildet der Olifantfluss; die Ostgrenze verläuft östlich von Clanwilliam, Tulbagh und Ceres nach der Gegend von Worcester, nimmt in der Breite dieses Ortes eine südsüdöstliche Richtung an, zieht dicht westlich von Robertson vorbei und trifft östlich von Bredasdorp die Südküste des Kaplandes. Die in diese klimatische Provinz fallenden politischen Distrikte Caledon und Bredasdorp gehören zu Drèges Bezirken IVBb und IVCa; der übrige, grössere Teil der Provinz hat, wie aus dem Angeführten hervorgeht, ziemlich genau dieselbe Umgrenzung wie das von mir zu Grunde gelegte Gebiet, so dass die untersuchten Holzpflanzen im allgemeinen denselben klimatischen Verhältnissen unterworfen waren.

Unter den klimatischen Einflüssen sind die Niederschläge, die Regenfälle, für die Art der Vegetation von entscheidender Bedeutung. Der meiste Regen fällt in dem kälteren Teile des Jahres, in den Monaten April bis Oktober, besonders in den Monaten Mai bis August; 39—50% der jährlichen Niederschläge fallen im Winter (Juni, Juli, August). Die prozentische Verteilung der jährlichen Niederschläge auf die Jahreszeiten ist bei folgenden Orten diese:

	Sommer	Herbst	Winter	Frühling
Kapstadt, Royal Observ.	8,3	26,8	45,1	19,7
Town House	7,6	25,8	48,9	18,2
Wynberg	5,6	22,7	49,9	22,6
Piquetberg	9,9	25,4	38,8	25,9

Die Verteilung des Regens auf die einzelnen Monate mögen folgende Zahlen Doves veranschaulichen (Regenhöhe in mm angegeben).

37) Lichtenstein, H. Reisen im südl. Afr. 1. Teil, Berlin 1811, p. 87.

Ort	Royal Obs.	Town House	Bishops Court	Wyn-berg	Malmes-bury	Piquet-berg
Höhe ü. d. M.	11 m	15 m	76 m	76 m	140 m	234 m
südl. Breite	33°56′	33°55′	33°59′	34° 1′	33°28′	32°53′
östl. Länge	18°29′	18°25′	18°27′	18°28′	18°43′	18°45′
Beob.-Jahre	43	23	14	18	6	6
Jan.	16,8	11,7	27,2	15,7	10,7	. 8,1
Febr.	15,7	17,7	33,3	23,6	11,2	10,2
März	24,1	21,6	36,1	20,1	11,9	20,1
April	46,7	44,5	90,4	55,1	26,4	31,2
Mai	98,8	109,2	216,4	170,2	69,3	58,4
Juni	112,5	123,7	232,2	196,1	63,5	59,4
Juli	88,6	108,2	178,0	178,5	65,8	55,1
Aug.	83,6	92,7	183,1	155,9	42,4	53,6
Sept.	55,1	50,5	147,3	113,8	60,5	52,8
Okt.	41,1	47,0	110,7	83,6	46,0	38,6
Nov.	28,5	25,7	55,9	47,5	12,7	20,8
Dez.	20,0	22,4	55,4	21,8	11,9	24,4
Jahr	631,5	674,9	1366,0	1081,9	432,3	432,7

Zu den jährlichen Regenmengen ist zunächst zu bemerken, dass die sehr grossen Mengen von Bishops Court und Wynberg im Gebiete auf die Nähe dieser Orte beschränkt sind; gewöhnlich fallen im Gebiete jährlich 430—650 mm Regen. Aus den angegebenen und den anderen aus dem Gebiete vorliegenden Regenmessungen geht hervor, dass es etwa während dreier Monate sehr wenig regnet. Dieser Umstand ist der wichtigste klimatische Faktor: im Gebiete können nur solche Pflanzen leben, die an diese alljährlich wiederkehrende, dreimonatliche trockne Zeit angepasst sind. Am meisten angepasst müssen solche Pflanzen sein, deren Lebensdauer mehr als ein Jahr beträgt, also besonders die Holzgewächse. Nach Kerners Beobachtungen [38]) prägt schon eine kurze, aber periodisch eintretende starke Verdunstung die Vegetation xerophil aus, selbst wenn sie den ganzen übrigen Teil des Jahres triefend nass ist. Ein ausserordentlich starkes xerophiles Gepräge muss demnach eine Vegetation erhalten, die alljährlich mindestens drei Monate lang grosse Trockenheit auszuhalten hat. Dieses Gepräge ist bei den Pflanzenvereinen

38) Kerner, Abhängigkeit der Pflanzengestalt von Klima und Boden. 1869, p. 39. — Vgl. Warming. Ökolog. Pflanzengeogr. Deutsche Ausg. p. 178.

des Gebietes, die hauptsächlich zu den Zwergstrauchheiden gehören, in der That vorhanden. Bevor wir auf die xerophilen Kennzeichen der kapischen Vegetation eingehen, seien die übrigen wesentlichen klimatischen Faktoren besprochen. — Die über die Luftfeuchtigkeit angestellten Beobachtungen sind nicht genügend, weil es nicht nur darauf ankommt, die relative Luftfeuchtigkeit zu bestimmen, sondern besonders darauf, die Sättigungskapazität, also auch die zugehörigen Temperaturen zu berücksichtigen. In Kapstadt hat die relative Luftfeuchtigkeit nach 30jährigen Beobachtungen, die täglich 5mal angestellt wurden, in den einzelnen Monaten folgende Grösse (in Prozenten): Januar 67, Februar 68, März 70, April 74, Mai 80, Juni 81, Juli 80, August 80, September 77, Oktober 73, November 69, Dezember 67. Das Jahresmittel ist auffallend hoch (74%); das von Genua beträgt, wie zum Vergleiche angeführt sei, nur 63,9%. Die Bewölkung ist geringer als in Oberitalien. Während hier im Winter 50—60%, im Sommer 30—40% des Himmels bedeckt sind, ist der Himmel zu Kapstadt noch heiterer und zeigt im Winter 45—49%, im Sommer nur 28—38% Bewölkung.

Die täglichen Temperaturschwankungen sind zu der Zeit grösster Luftfeuchtigkeit und Bewölkung natürlicherweise am geringsten und haben zu Kapstadt je nach den Monaten folgende Grösse (in den Klammern ist die mittlere monatliche Temperatur angegeben): Januar 13,1° C. (20,8° C.), Februar 12,8 (20,8), März 13,0 (19,3), April 9,7 (17,3), Mai 7,8 (14,6), Juni 8,3 (13,1), Juli 9,8 (12,6), August 9,5 (13,2), September 10,1 (14,2), Oktober 11,7 (16,1), November 11,9 (18,0), Dezember 12,3 (19,8), im jährlichen Durchschnitte 10,9° (16,6°). Die mittleren Jahresextreme betragen zu Kapstadt in dem Mittel aus 11 Jahren 34,9° und 3,9°; die absoluten Extreme derselben Jahre messen 39,5° und 2,6°. Aus den angegebenen Zahlen geht hervor, 1) dass die jährliche Schwankung der mittleren Temperaturen sehr gering ist; die niedrigste und die höchste mittlere Monatstemperatur sind nur um 8,2° verschieden; 2) dass die täglichen Temperaturschwankungen bedeutend sind, besonders in den trocknen Monaten, wodurch empfindliche Pflanzen aus dem Gebiete ganz oder fast ausgeschlossen und nach geschützten Stellen zurückgedrängt werden. Auf 0° sinkt die Temperatur im Gebiete selten. Zu Ceres (540 m über dem Meere), das gerade ausserhalb des von mir untersuchten Gebietes und an der Grenze

der Südwestprovinz Doves liegt, fällt nach Lichtenstein ein Teil der winterlichen Niederschläge als Schnee; im Juli 1884 war die mittlere Temperatur $-0{,}1^0$, im Juli 1883 jedoch $+2^0$.

Über die Winde liegen nur wenige ökologisch verwertbare Beobachtungen vor. Die Süd- und die Südostwinde sind oft recht heftig und im allgemeinen die im Sommerhalbjahre vorherrschenden Winde; ihrer Häufigkeit verdankt der Tafelberg seinen Wolkenbehang (sein »Tafeltuch«). Der für den südwestlichen Teil des Kaplandes wichtigste Wind ist der regenbringende Nordwest. Dass der Gipfel des Tafelberges häufig von Wolken eingehüllt ist, darf jedoch nicht etwa als Beweis für grosse Luftfeuchtigkeit der ihn umgebenden Luft angesehen werden. Wie die Luft in den Polarländern und den europäischen Hochgebirgen trotz häufiger Wolkenbildung im allgemeinen sehr trocken ist, so wird Ähnliches auch in dem Gebiete vorkommen, besonders auf den windigen Höhen des Tafelberges und anderer Berge.

Die Vegetation des Gebietes ist dadurch gekennzeichnet, dass Zwergsträucher vorherrschen und dass von anderen Lebensformen besonders Zwiebel- und Knollengewächse in einer grossen Zahl von Arten und Individuen auftreten. Zwiebel- und Knollenpflanzen sind, wie Warming [39]) u. a. dargelegt haben, Xerophyten und auf verschiedene Weise angepasst, lange trockne Zeiten auszuhalten. Die Zwergsträucher sind über das ganze Gebiet, in den Bergen und auf den Ebenen, verbreitet und gehören den verschiedensten Familien an: den Ericaceen, Proteaceen, Rutaceen (Diosmeen), Rhamnaceen, Polygalaceen, Rosaceen, Leguminosen, Thymelaeaceen, Penaeaceen, Bruniaceen, Verbenaceen (Stilbeen), Compositen, Anacardiaceen, Ebenaceen, Rubiaceen, Grubbiaceen. Die Zwiebel- und die Knollengewächse sind Arten der Iridaceen, Liliaceen, Orchidaceen, Oxalidaceen etc., spriessen nach den ersten Regenfällen des Winters bald hervor, tragen überaus prächtige Blüten zur Schau und verwelken dann sehr schnell (nach Drège); sie sind besonders für die Ebenen des Gebietes bezeichnend, obwohl sie auch auf den Bergen vorkommen (z. B. die Iridaceen auf dem Gipfel des Tafelberges). Im übrigen beeinflussen namentlich Restionaceen und eine Reihe Halbsträucher (Crassulaceen, Aizoaceen etc.) das Gepräge der Vegetation. Die vorherrschenden Pflanzenvereine des Gebietes sind Zwergstrauchheiden (die

39) Warming. Plantesamfund, p. 173. — Deutsche Ausgabe, p. 204.

»Bosjes« der Kolonisten), denen auch die Knollen- und die Zwiebelgewächse angehören. Auf den östlich und nordöstlich von Kapstadt gelegenen Ebenen, den Cape-Flats, zeigt die Vegetation die Merkmale einer nassen Heide[40]; nach den Angaben des Reisenden Gustav Fritsch ist es sehr wahrscheinlich, dass hier, ähnlich wie auf norddeutschen und dänischen Heiden, Ortstein, auftritt, dessen Entstehung durch den Rohhumus der Heide veranlasst worden ist. »Der Charakter dieses Landstriches ist der einer moorigen Heide, so dass Moorpflanzen und Heidepflanzen darin wachsen, je nachdem die Stellen mehr oder weniger feucht sind; Binsen, Riedgräser, Heidekräuter und Proteaceen bedecken den weissen, thonigen Boden, auf dem sich hier und da Wasser ansammelt, wo darunter liegende Eisensteine dessen Eindringen verhindern«[41].

Die Verhältnisse des morphologischen und des anatomischen Baues, durch welche die von mir untersuchten kapischen Holzpflanzen an die Trockenheit des geschilderten Klimas, an den dürftigen, häufig wenig Wasser enthaltenden Boden und an andere äussere Verhältnisse angepasst sind, lassen sich in zwei Gruppen teilen.

Zu der ersten Gruppe, zu den Merkmalen der direkten Anpassung, gehören solche, die bei den kapischen Holzpflanzen allgemein vorkommen oder sehr häufig auftreten, und zwar in den verschiedensten, systematisch einander nicht nahe verwandten Familien der Dikotylen[42]. Meine vorliegende Untersuchung und meine in einer späteren Arbeit mitzuteilenden Beobachtungen über die Veränderungen, welche die kapischen Zwergsträucher erfahren haben, seit sie in Europa kultiviert werden, führen mich zu der Überzeugung, 1. dass diese Anpassungsmerkmale der ersten Gruppe hauptsächlich durch die äusseren auf die Vegetation wirkenden Faktoren entstanden sind, und zwar durch deren direkte Einwirkung auf die Pflanzen und alle ihre einzelnen Teile, besonders auf die vegetativen Teile, und indem

---

40) Warming. Plantesamfund, p. 205. — Deutsche Ausgabe, p. 240.

41) Fritsch, Gust. Drei Jahre in Südafr. Breslau 1868, p. 9—10.

42) Die Merkmale der direkten Anpassung sind auf S. 40 u. 41 aufgezählt. Vorläufig sei z. B. darauf hingewiesen, dass erikoide Blätter in den verschiedensten Familien vorkommen und doch übereinstimmende Bau- und Stellungsverhältnisse aufweisen (S. 13—14) und dass die pinoiden Blattformen Ähnliches zeigen (S. 14 ff.).

die Pflanzen durch Selbstregulierung (vgl. S. 39) für ihr Leben nützliche Änderungen ihres Baues hervorgebracht haben, 2. dass die äusseren Faktoren auch in der Gegenwart, weil sie immer weiter dauern, zu der Erhaltung dieser Merkmale der direkten Anpassung fortdauernd beitragen und bei anderen Arten, welche solche Merkmale noch nicht besitzen, aber brauchen, diese Merkmale erzeugen. Es ist äusserst unwahrscheinlich, dass die Anpassungsmerkmale dieser Gruppe stets durch spontane Variation und ohne die Mitwirkung der äusseren Faktoren entstanden seien. Die Anzahl dieser Merkmale und die Zahl der miteinander nicht nahe verwandten Familien, in denen sie allgemein oder häufig vorkommen, ist zu gross, als dass der Versuch einer anderen Erklärung, z. B. der Erklärung durch spontane Variation als genügend erscheinen könnte. Eine wissenschaftliche Erklärung für das Auftreten so vieler gleichen Anpassungsmerkmale bei den verschiedensten Familien des Gebietes kann nur dadurch gegeben werden, dass man ihre Entstehung hauptsächlich den äusseren Faktoren zuschreibt. Um eine solche Erklärung zu geben, muss man natürlicherweise auch bestimmte Voraussetzungen über die Eigenschaften der Pflanzen machen. Dass die äusseren Faktoren auf die verschiedensten, einander nicht nahe verwandten Arten der untersuchten kapischen Dikotylen derart einwirken können, dass dieselben morphologischen und anatomischen, für das Leben des Organismus nützlichen Einrichtungen entstehen, beruht nach meiner Ansicht auf den allgemeinen Eigenschaften des Protoplasmas aller Pflanzenteile der Dikotylen, besonders der vegetativen Teile. Solche allgemeinen Eigenschaften darf ich allerdings zunächst nur für die kapischen Dikotylen annehmen; da die dikotylen Arten der Kapflora jedoch unzweifelhaft nur teilweise im Kaplande entstanden, teilweise aus anderen Gegenden eingewandert sind [43]), so muss ich annehmen, dass

43) Die Zahl der auf das Kapland beschränkten dikotylen Familien ist eine sehr kleine; es giebt nur 3: die Grubbiaceen, Bruniaceen und Penaeaceen. Die übrigen dikotylen Familien hängen infolge der Wanderungen ihrer angehörigen Pflanzen nach dem Kaplande und aus diesem nach anderen Gebieten mit den Arten anderer Erdgegenden durch Abstammung zusammen, entweder direkt, oder indirekt. Die gegenwärtig lebenden kapischen Arten sind mit Arten anderer Gebiete wohl besonders durch indirekte Abstammung verwandt. Im Kaplande selbst entstanden, was zweifellos erscheint, unter der wesentlichen Einwirkung der Lebensbedingungen viele endemische

die eingewanderten Pflanzenarten die Eigenschaft, durch äussere Faktoren in bestimmter Weise beeinflusst zu werden, schon vor der Einwanderung nach dem Kaplande besessen hatten, dass diese Eigenschaften allen Dikotylen zukommt. Die Monokotylen und die übrigen Pflanzengruppen haben übrigens sicherlich ganz entsprechende Eigenschaften des Protoplasmas. Völlig rätselhaft bleibt jedoch, dass die Pflanzen die Fähigkeit besitzen, durch äussere Faktoren gerade in der Weise beeinflusst zu werden, dass Veränderungen entstehen, die für das Leben des Organismus nützlich sind.

Die Fähigkeit der Pflanzen, sich an die gegebenen neuen Verhältnisse, an die neuen äusseren Faktoren, direkt anzupassen, d. h. auf eine für das Leben des Organismus nützliche Weise in Übereinstimmung mit den neuen äusseren Lebensbedingungen zu variieren, nenne ich mit Warming Selbstregulierung oder direkte Anpassung[44]). Von der Menge von Beobachtungen (»Mængde Iagttagelser«, l. c. p. 322), die nach Warming für die direkte Anpassung spricht, sind einige meiner Meinung nach experimentelle Nachweise dafür, dass schon bei demselben Individuum, also bereits in derselben Generation, durch Versuche nützliche, direkte Anpassungen der Pflanzen an äussere Verhältnisse hervorgerufen werden können und dass die Selbstregulierung oder direkte Anpassung eine thatsächliche Erscheinung ist. Beispiele für solche thatsächliche Anpassungen sind die Veränderungen des morphologischen und des anatomischen Baues bei Wasserpflanzen, die man ganz oder teilweise ausserhalb des Wassers kultiviert, bei *Polygonum amphibium*, *Ranunculus aquatilis* u. a. In anderen Fällen ist es nicht

---

Arten, z. B. solche der Gattungen *Rhus, Erica, Pelargonium* und der Familien der Proteaceen, Rutaceen und Compositen. Diese Sippen treten im Kaplande mit einer ausserordentlich grossen Anzahl lokalisierter Arten auf. »Diese Vielgestaltigkeit ist also [nämlich wegen der übrigen Verbreitung der Sippen] nicht abhängig von dem Ursprunge der Gattungen, sondern von der Beschaffenheit des Landes. Auch hier [im Kaplande] ist es, wie in Australien, ein im Sommer trocknes Gebiet, das den Polymorphismus in so hohem Grade begünstigte.« (Engler, Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt. II, p. 284/5. 1882).

44) Warming. Plantesamfund, p. 322 ff.; vgl. auch die deutsche Ausgabe. Die Ausdrücke sind schon früher von anderen gebraucht worden, worauf es hier jedoch nicht ankommt. Ich gehe von Warmings klarer Definition des Begriffes aus. Die behandelten Gedanken gehen teilweise bis auf Lamarck zurück.

möglich, nachzuweisen, dass die Pflanzen die Fähigkeit der Selbstregulierung besitzen; es erscheint mir jedoch notwendig, in diesen Fällen dieselbe Fähigkeit vorauszusetzen, weil jeder andere naturwissenschaftliche Erklärungsversuch nicht genügt. In diesen anderen Fällen nehme ich an, dass die Pflanzen im Laufe mehrerer, oft jedenfalls vieler Generationen, während der phylogenetischen Entwicklung die Selbstregulierung ausgeführt haben, indem mehrere, bald zu besprechende Faktoren die Anpassungsmerkmale modificierten und indem die natürliche Auswahl (Selektion) das Überwiegen der Individuen mit nützlichen Merkmalen beförderte.

Die kapischen Holzpflanzen zeigen nach meiner Untersuchung und meiner Überzeugung mehrere Merkmale der direkten Anpassung, von denen ich zunächst 16 aufzählen kann. Es sind folgende Merkmale.

1. Die Verholzung, nämlich das Auftreten holziger Stämme und Zweige.

2. Die Pflanzen sind immergrün.

3. Der Zwergwuchs, nämlich die geringe Höhe der Pflanzen (gewöhnlich unter 1 m, seltener etwa 1,5 m hoch), die dichte Verzweigung, die geringe Dicke der Zweige, die sehr kurzen Internodien, die geringe Grösse der Blätter.

4. Die Blätter sind einander mehr oder weniger dicht genähert.

5. Sie sind an den Zweigen mehr oder weniger aufwärts gerichtet, so dass sie vom Lichte häufig, besonders bei dem höchsten Stande der Sonne, unter spitzen Winkeln getroffen werden.

6. Der Querschnitt der Blätter ist sehr klein.

7. Die Oberfläche der Blätter ist klein.

8. Die Blätter sind als erikoide Blätter (S. 4), oder als pinoide Blätter (S. 14), oder als Rollblätter (S. 21) ausgebildet.

9. Die Epidermis-Aussenwände sind dick.

10. Die Epidermis-Innenwände sind verschleimt und quellen bei Wasseraufnahme mehr oder weniger stark.

11. Die Epidermiszellen haben ein grosses Volumen und eine grosse Höhe; die Epidermis enthält eine reichliche Menge Wasser.

12. Der dorsiventrale und der centrische Blattbau [45]).

45) In centrisch gebauten Blättern lässt sich oft kein Unterschied zwischen einem Palissadengewebe und einem innen liegenden lockeren Chlorophyllparenchym machen. In diesen Fällen habe ich das Chlorophyllgewebe ein gleichförmiges genannt.

13. Das Palissadengewebe ist hoch.

14. Das Schwammparenchym ist viel weniger locker, als bei den Mesophyten.

15. In den stark beleuchteten, peripherischen Teilen der Blätter tritt ein brauner Inhalt auf, der wahrscheinlich stets ein Gerbstoff ist und die Blätter gegen starke Beleuchtung schützt (S. 14).

16. Haare treten auf der Furchenseite der erikoiden Blätter und der dorsiventralen Rollblätter zum Schutze gegen starke Transpiration auf.

Die untersuchten Arten haben diese 16 Merkmale gewöhnlich nicht alle zugleich, sondern nur einen Teil davon. Manche Arten haben sie nicht in dem gleichen Grade ausgeprägt, wie systematisch nahe verwandte, etwa denselben äusseren Verhältnissen unterworfene Arten. Zu der Erklärung dieses Umstandes lässt sich mancherlei anführen.

a) Individuelle Eigentümlichkeiten sind sicherlich häufig von grossem modificierendem Einfluss auf die Entstehung der Anpassungsmerkmale. Es sei daran erinnert, dass auch in anderen Gegenden die Empfindlichkeit verschiedener Individuen gegen klimatische oder andere äussere Faktoren ungleich gross ist, obwohl die Pflanzen im Bau einander gleich oder sehr ähnlich zu sein scheinen. Um die besonderen Eigentümlichkeiten der Individuen zu erklären, wird man voraussetzen müssen, dass das Protoplasma je nach den Individuen teilweise verschiedene Eigenschaften besitzt.

b) Zweitens sind ererbte Eigenschaften zweifellos von wesentlichem modificierendem Einflusse auf die Entstehung der Anpassungsmerkmale. Ob der als Trockenheit bezeichnete, von mehreren Faktoren hervorgerufene Zustand des Klimas bei einer Pflanze oder einer Art z. B. verschleimte Innenwände hervorrufen könnte, wird von der systematischen Stellung der Pflanze oder der Art abhängen. Die Neigung, solche Innenwände hervorzubringen, ist nicht in allen Familien und anderen Sippen gleich gross; in manchen Familien des Gebietes sind sie nicht beobachtet worden. Wie die Individuen besitzen die Arten ebenfalls ihre Eigentümlichkeiten. Es ist auch von den Arten anderer Gegenden bekannt, dass sie, obwohl sie unter denselben äusseren Verhältnissen leben, ähnlich gebaut und vielleicht sogar systematisch einander nahe verwandt sind, gegen äussere Faktoren ungleich empfindlich sein können. Ferner sei darauf hin-

gewiesen, dass sich die Arten gegenüber den Einwirkungen der äusseren Lebensbedingungen als ungleich plastisch erweisen.

c) Drittens ist es nicht zweifelhaft, dass Korrelationen zwischen verschiedenen Verhältnissen des morphologischen und des anatomischen Baues bestehen. Auf Korrelationen wird es teilweise beruhen, dass die erikoiden Blätter (gleichfalls die pinoiden Blätter) untereinander viele gemeinsame Eigenschaften haben (vgl. S. 13—14 und S. 14 ff.). Von Korrelationen und von der systematischen Stellung der Arten wird es abhängen, welche besondere Blattgestalt eine Pflanze erhält.

d) Viertens kann infolge der natürlichen Auswahl (Selektion) die Häufigkeit vorhandener Anpassungsmerkmale verändert werden. Individuen oder sogar Arten können in mehr oder weniger grosser Anzahl in dem Kampfe ums Dasein untergehen.

e) Fünftens werden Anpassungsmerkmale durch späteren Nichtgebrauch verändert werden.

Für eine Anzahl der genannten 16 Merkmale ist es durch Versuche festgestellt worden (allerdings bei nicht kapischen Pflanzen), dass sie bei gewissen Arten an einem Individuum, also in einer Generation, durch äussere Faktoren hervorgerufen werden können. Für andere Merkmale sind solche physiologische Versuche noch auszuführen.

Zu den Kennzeichen der direkten Anpassung sei noch einiges bemerkt.

Ein grosser Teil dieser Einrichtungen dient zum Schutze gegen starke Transpiration, so dass der Einfluss solcher Faktoren, von denen die Transpiration abhängt (Sättigungskapazität der Luft, Luftbewegungen, Wassermenge des Bodens etc.) als der grösste von denen erscheint, welche die genannten Anpassungsmerkmale hervorgebracht haben.

Zu 1. Die Verholzung vieler kapischen Gewächse, die Bildung ihrer holzigen Stämme und Zweige, dürfte wesentlich durch die starke Transpiration und die ziemlich geringen jährlichen Temperaturschwankungen, teilweise auch durch die starke Beleuchtung (vgl. die geringe Bewölkung) hervorgerufen worden sein. Halbsträucher und Kräuter sind weniger zahlreich, als die Sträucher. Von den Zwiebel- und den Knollenpflanzen, die nur periodisch oberirdische Teile besitzen, ist bei der Frage nach den Ursachen der Verholzung natürlicherweise abzusehen. — Die

häufig vorkommende, mehr oder weniger vollständige Verholzung der Pflanzenteile ist wohl der Hauptgrund für die Seltenheit einjähriger Arten. Wettbewerb mit den mehrjährigen Arten kann höchstens örtlich stattfinden, weil die Pflanzendecke des Gebietes viele offene Stellen aufweist. Die Angabe Drèges[46]), dass Südafrika keine einjährige Pflanze besitze, ist für die immergrüne Buschregion, wahrscheinlich für das ganze Kapland, dahin zu berichtigen, dass einjährige Arten sehr selten sind; Beispiele solcher sind mehrere Gentianaceen: *Lagenias pusillus* E. Mey. und einige *Sebaea*-Arten. In der Strandvegetation des benachbarten Deutsch-Südwestafrika, die ebenfalls unter ziemlich gleichmässigen klimatischen Verhältnissen lebt, fehlen einjährige Arten nach Schinz[47]) vollständig, während in einem durch extreme klimatische Verhältnisse ausgezeichneten Gebietes Afrikas, in der ägyptischen Wüste, einjährige Arten in grosser Zahl auftreten.

Zu 3. Der Zwergwuchs wird durch die geringe Wassermenge des Bodens, dessen Nahrungsarmut und durch die häufigen heftigen Winde erzeugt sein, in geringerem Grade durch die starke Beleuchtung infolge der geringen Bewölkung.

Von der vorherrschenden Kleinheit der Blätter machen eine Reihe Arten, namentlich Proteaceen, eine Ausnahme, insofern als man ihre Blätter im Verhältnis zu den meisten anderen Blättern als gross bezeichnen muss. Die Blattformen dieser Arten sind wohl wesentlich durch die Phylogenese zu erklären. — Die allermeisten Holzpflanzen des Gebietes besitzen kleine Blätter und zeigen das Bestreben, den Querschnitt des Blattes auf ein Minimum herabzusetzen, so dass Blätter mit rundlichem oder länglichem Querschnitte vorherrschen. Bei vielen Arten macht sich zugleich das Bestreben geltend, die Blattgrösse und die gesamte transpirierende Oberfläche auf ein Minimum zu reduzieren; es treten kleine Blätter mit linealischem, länglichem oder rundlichem Umriss auf, je nachdem diese Reduktion mehr oder weniger weit geht. Bei einigen Arten wird sogar der Fall annähernd verwirklicht, dass nicht nur der Querschnitt, sondern auch die Grösse und die Oberfläche des Blattes auf das Minimum herabgesetzt werden: die Blätter werden fast kugel-

46) Drège. Zwei pflanzengeogr. Dokumente, p. 12.
47) Schinz. Deutsch-Südwestafrika. Oldenburg und Leipzig 1891.

förmig und haben auch in ihrem Inneren eine kleine transpirierende Oberfläche.

Zu 16. Die Behaarung hängt jedenfalls von verschiedenen inneren und äusseren Ursachen ab. In den unter Nr. 16 angegebenen Fällen sind die äusseren Faktoren gewiss von wesentlichem Einflusse, weil die Furchenseiten der genannten Blattformen fast stets Haare zu dem Schutze gegen starke Transpiration aufweisen.

Eine andere Gruppe bilden solche Anpassungsmerkmale der kapischen Holzpflanzen, die nicht allgemein, sondern auf bestimmte Sippen beschränkt vorkommen. Hierher gehören folgende Merkmale der Anpassung an die äusseren Verhältnisse.

1. Die Einsenkung der Spaltöffnungen unter das Niveau der Epidermis-Oberfläche (vgl. z. B. S. 14).
2. Hypodermales Wassergewebe (S. 17).
3. Inneres Wassergewebe (vgl. z. B. S. 17).
4. Sklerenchymzellen, welche die Festigkeit des Wassergewebes oder des Chlorophyllparenchyms erhöhen (vgl. z. B. S. 17 und 24).
5. Ölbehälter (S. 18).
6. Knospenschuppen (S. 29).

Diese Anpassungsmerkmale entstanden in den betreffenden Sippen gewiss zunächst auf irgend eine Weise (entweder im Kaplande, oder in einem früheren Verbreitungsgebiete einer oder mehrerer Stammformen), wurden vererbt, weil sie zu den Lebensbedingungen passten, und durch den Einfluss der äusseren Faktoren, der Korrelationen, der natürlichen Auswahl und des Nichtgebrauches modificiert. Dass die Anpassungseinrichtungen dieser zweiten Gruppe im Pflanzenreiche an mehreren Stellen des Systemes auftreten, dürfte durch allgemeine Eigenschaften des Protoplasmas der Pflanzen zu erklären sein. Hypothesen über die Entstehung der Anpassungsmerkmale dieser anderen Gruppe kann man erst nach weiteren Untersuchungen aufstellen.

In einer grösseren, mit Abbildungen versehenen Arbeit werde ich auf die Lebensformen der südafrikanischen Vegetation nochmals zurückkommen.

Tübingen, botanisches Institut, den 17. Februar 1896.

Verbesserungen.

S. 1, Zeile 4 von oben lies weniger statt von wenigen.
» 1, » 7 » » » , dass jedoch statt und dass.
» 2, » 4 und 5 von oben lies z. B. in den Gattungen *Cliffortia* und *Rhus*, ferner die Myrtenform etc.
» 3, » 7 von unten lies Kersten. Leipzig 1888.
» 5, » 18 » » » zumal weil die.
» 6, » 11 » » » 2-, seltener 3-schichtiges.
» 8, » 8 » » » Auf der Erhöhung.
» 8, » 3 » » streiche liegende.
» 9, » 13 » » lies schwach statt schmal.
» 12, » 18 » » » in diesen Geweben.
» 13, » 11 und 12 von oben lies Die Oberfläche der Blätter oder der Blättchen ist gewöhnlich klein, der Querschnitt hingegen stets sehr klein.
» 14, » 5 von unten lies Die von mir untersuchten statt Die.
» 15, Für *Agathosma hispida* ist der Name *A. Capense* (L.) Engl. zu gebrauchen.
» 15, Zeile 8 von unten lies *vulgare* statt *vulgaris*.
» 15, » 7 » » » Die im Querschnitte statt Die.
» 16, » 11 » oben » 2—4 statt 2—3.
» 16, » 14 » unten » etwa quadratisch.
» 17, » 2 » oben » 17 statt 7.
» 17, » 20 » » » einem Blatte 3.
» 18, » 15 » » » Nähe des mittleren.
» 20, » 9 » unten » rufen statt ruft.
» 21, » 2 » » » gestielt (Stiel etwa 10 mm lang).
» 22, » 13 » » » 18 statt 4.
» 23, » 13 » oben » und *P.* statt und *A.*
» 25, » 9 » » » Blättchen zunächst.
» 28, » 3 » » streiche blättern.
» 29, » 1 » » lies werden von mehr Licht getroffen.
» 29, » 19 » » » stärksten statt stärkeren.
» 29, » 21 » » » unseren statt äusseren.